В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

ВЫПУСК 62

УЧЕБНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ И РАДИОКРУЖКАМ

В. ЧЕРНЯШЕВСКИЙ

Демонстрационный осциллограф

Метод осциллографических измерений прочно вошел в практику радиолюбительского конструирования, в учебный процесс организаций ДОСААФ, общеобразовательных школ, средних и высших учебных заведений. В связи с этим определенный интерес представляют учебно-демонстрационные осциллографы, позволяющие не только производить простейшие электрические измерения, но и разобраться в принципе работы и устройстве этих электронных измерительных приборов.

Описываемый переносный демонстрационный осциллограф разработан и выполнен учащимися средней школы № 1 г. Коммунарска Ворошиловградской области. С целью возможного уменьшения объема слесарных и столярных работ при изготовлении футляра, в котором размещены электронно-лучевая трубка 13ЛО37, детали осциллографа и подставки блоков питания, использованы предметы домашнего обихода. Шарнирное соединение футляра со стойкой создает удобство работы с прибором.

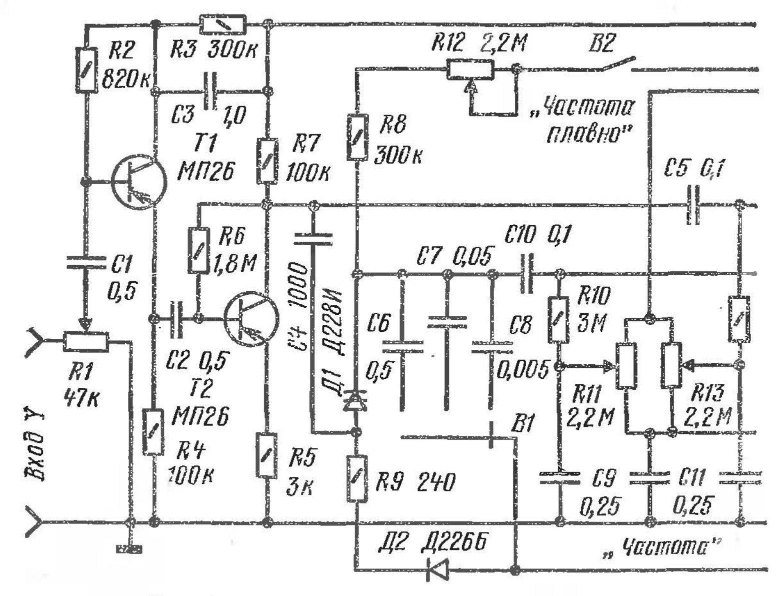
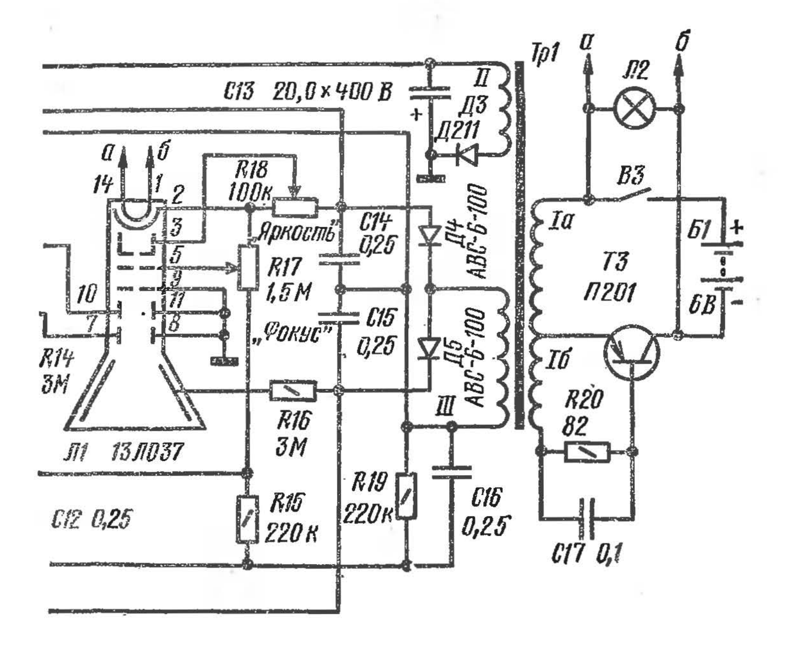


Рис. 1. Принципиальная схема осциллографа

Входное сопротивление усилителя вертикального отклонения луча около 50 кОм, чувствительность 0,20—0,25 мм/мВ, полоса пропускания 50 Гц — 10 кГц. Питание осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением 6 В.

Принципиальная схема осциллографа изображена на рис. 1. В двухкаскадном усилителе вертикального отклонения луча работают транзисторы *T1* и *T2*. Для увеличения входного сопротивления транзистор *T1* первого каскада включен по схеме эмиттерного повторителя. Исследуемый сигнал, снимаемый с движка переменного резистора *R1*, являющегося регулятором чувствительности, через конденсатор *C1* подается на базу транзистора *T1*, а с его нагрузочного резистора *R4* — через конденсатор *C2* на базу транзистора *T2* каскада усилителя напряжения. Усиленный сигнал снимается с резистора *R7*, являющегося нагрузкой транзистора *T2*, и через конденсатор *C5* подается на пластины вертикального отклонения луча электронно-лучевой трубки *Л1*. Отрицательное



напряжение смещения на базу транзистора *T1* поступает через резистор *R2*, на базу транзистора *T2* — через резистор *R6*.

Для отклонения электронного луча трубки на всю высоту экрана на пластины вертикального отклонения необходимо подавать импульсы напряжения амплитудой 100—200 В (чем выше напряжение на участке катод — анод трубки, тем больше амплитуда импульса исследуемого сигнала). В описываемом осциллографе питание усилителя осуществляется от выпрямителя с выходным напряжением около 200 В, а в каскадах работают транзисторы типа МП26, выдерживающие напряжение на участке коллектор — эмиттер до 100 В. Для гашения избыточного напряжения в цепь коллектора транзистора *T1* включен резистор *R3*. Конденсатор *C3* шунтирует коллекторную цепь этого транзистора по переменной составляющей.

Генератор развертки собран по схеме релаксационного генератора, в разрядную цепь которого включен

динистор *Д1* (переключающий диод) типа Д228И. Известно, что заряд конденсатора в *RC* цепочке (на рис. 1 — конденсаторы *С6, С7, С8* и резисторы *R8, R12*) происходит по экспоненциальному, т. е. нелинейному закону, но вблизи нуля эта зависимость близка к линейной, что и определяет питание генератора развертки высоковольтным напряжением.

Синхронизация генератора развертки осуществляется при подаче исследуемого сигнала, снимаемого с нагрузочного резистора *R7* коллекторной цепи транзистора *Т2*, в цепь динистора *Д1* (через конденсатор *С4*). Диод *Д2* предназначен для осуществления отсечки напряжения в цепи зарядного конденсатора (*С6, С7* или *С8*) при подаче синхроимпульсов в цепь динистора генератора горизонтального отклонения луча.

Частоту генератора развертки можно изменять скачкообразно переключателем *В1* и плавно переменным резистором *R12* в пределах 0,5—5; 5—50 и 50—500 Гц. Фокусирование луча осуществляется переменным резистором *R17*, яркость свечения — резистором *R18*. В осциллографе предусмотрена возможность горизонтального и вертикального смещения луча переменными резисторами *R11* и *R13*.

Блок питания осциллографа состоит из преобразователя напряжения на транзисторе *Т3* и двух выпрямителей — для питания электронно-лучевой трубки и питания транзисторов усилителя вертикального отклонения луча. Первый из этих выпрямителей собран на диодах *Д4* и *Д5* по схеме удвоения напряжения, снимаемого с высоковольтной обмотки *III* трансформатора *Тр1*, второй — однополупериодный на диоде *Д3*, выпрямляющий напряжение, снимаемое с обмотки *II* трансформатора. Нить накала электронно-лучевой трубки и сигнальная лампа *Л2* питаются непосредственно от батареи *Б1*.

В блоке питания описываемого осциллографа использован трансформатор ТВС-70 (рис. 2) — выходной трансформатор строчной развертки телевизора с отклонением луча на угол 70°. Его высоковольтная катушка выполняет роль обмотки *III*, а часть анодной катушки (выводы *1—5*) — роль обмотки *II* трансформатора *Тр1* блока питания. Секция *5—6* анодной катушки и катушка, питающая нить накала высоковольтного кенотрона, не используются. Обмотка *I* намотана на свободном

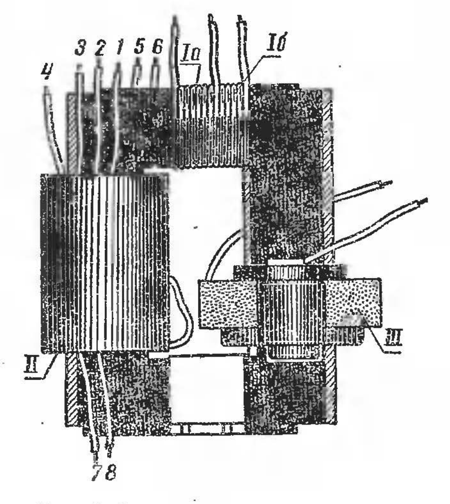


Рис. 2. Трансформатор блока питания

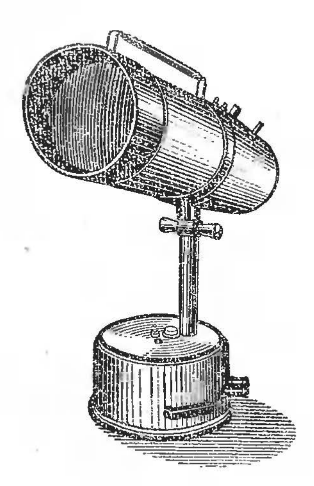


Рис. 3. Внешний вид демонстрационного осциллографа

участке ферритового сердечника ТВС. Ее секция I*а* содержит 50 витков, а секция I*б* — 22 витка провода ПЭВ-1 0,3.

Подобным образом можно использовать в блоке питания и ТВС других типов, например ТВС-110Л.

Источником питания *(Б1)* служит батарея, составленная из пяти аккумуляторов Д-0,25. Можно также использовать другие никель-кадмиевые аккумуляторы с номинальной емкостью 2,5—3 А·ч.

Транзисторы типа МП26 *(Т1, Т2)* можно заменить транзисторами типа МП26А, МП26Б; П201 *(Т3)* — транзисторами типа П213—П217 с любым буквенным индексом. Внешний вид осциллографа показан на рис. 3, а детали корпуса и подставки — на рис. 4. Футляр образуют стаканообразная часть *2* трехлитрового пластмассового бидона, у которого горловина с ручкой отпилены, и пластмассовая коробка *5* с навинчивающейся крышкой *4*. В дне бидона и крышке коробки прорезаны отверстия диаметром 80 мм для монтажного каркаса *3*. Затем эти детали скреплены вместе тремя винтами М3

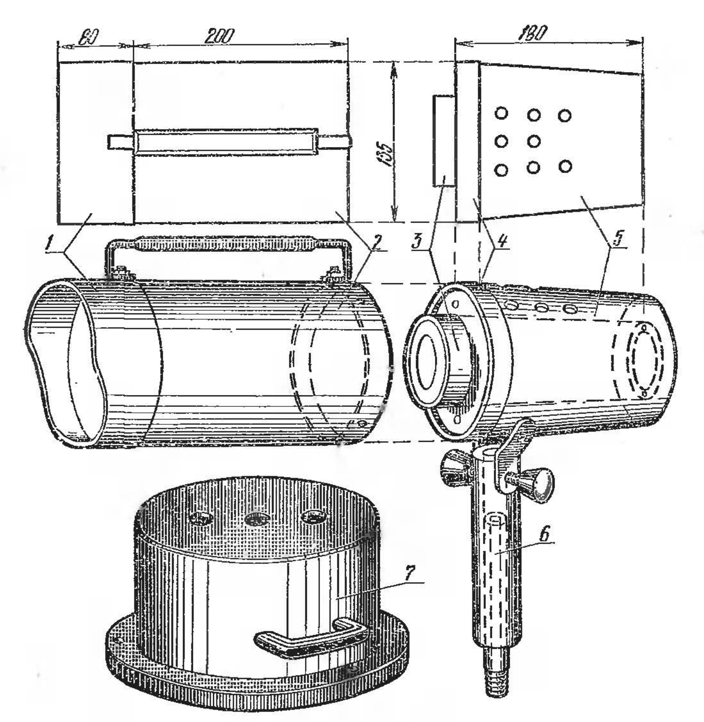


Рис. 4. Детали корпуса и подставки

с гайками. Если навернуть их на коробку *5*, то получится футляр, в котором свободно разместятся электронно-лучевая трубка и другие детали осциллографа (кроме блока питания), смонтированные на цилиндрическом монтажном каркасе *3*.

В донышке коробки *5* прорезано отверстие диаметром 60 мм для цокольной части трубки, которой она вставляется в ламповую панель, прикрепленную снаружи донной части коробки. Кроме того, в боковой стенке коробки просверлено 8 отверстий диаметром 8 мм, через которые проходят оси переменных резисторов и переключателей, и с противоположной стороны (снизу) еще пять отверстий для входных гнезд, проводников, идущих от блока питания, и крепления скобы шарнира футляра к стойке.

На передней части футляра укреплена светозащитная бленда *1*, склеенная из плотной бумаги, а сверху — ручка для переноски.

Основанием *7*, являющимся экранирующим футляром блока питания, служит алюминиевая кастрюля диаметром 180 мм, повернутая дном вверх. В ней просверлены отверстия для крепления стойки *6*, выключателя питания *В3* и «глазка» индикаторной лампы *Л2*. Снизу для устойчивости прикреплен массивный металлический диск.

Конструкция монтажного каркаса показана на рис. 5. В качестве каркаса *1* использован пластмассовый стакан диаметром 80 мм в верхней части и высотой 200 мм, на стенках которого смонтированы детали развертки и усилителя вертикального отклонения луча. Донную часть, в которой прорезано отверстие диаметром 60 мм, двумя винтами М3 с гайками скрепляют с футляром, ламповой панелью *3* и защитным колпаком *4*, склеенным из плотной бумаги. Спереди на каркас надето пенопластовое кольцо *2*, уплотняющее посадку монтажного каркаса в футляре.

Ламповая панель может быть готовой или самодельной. Самодельная панель представляет собой диск, выпиленный из органического стекла или гетинакса толщиной 3—5 мм, с отверстиями для гнезд и направляющего ключа электронно-лучевой трубки. Гнезда можно согнуть из жести или листовой латуни.

П р о в е р к у р а б о т о с п о с о б н о с т и и н а л а ж и в а н и е осциллографа целесообразно производить поблочно, начиная с блока питания.

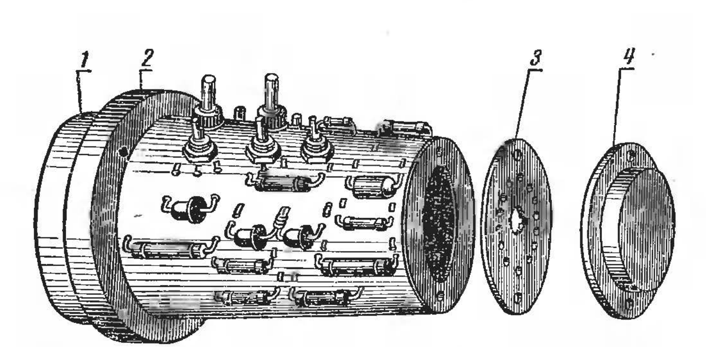


Рис. 5. Монтажный каркас электронно-лучевой трубки

Для проверки преобразователя блока питания выход высоковольтного выпрямителя нагружают резистором сопротивлением 2 МОм, включая его между точкой соединения диода *Д5* с конденсатором *С15* и «заземленным» проводником; выход второго выпрямителя нагружают резистором сопротивлением 10 кОм, подключив его параллельно конденсатору *С13*. Напряжение на конденсаторе *С15*, измеренное ламповым или транзисторным вольтметром, должно быть в пределах 400—500 В, на конденсаторе *С14* 800—1000 В (суммарное напряжение на обоих конденсаторах равно 12 000—15 000 В), на конденсаторе *С13* — в пределах 200—300 В. Разница в напряжениях на конденсаторах *С14* и *С15* объясняется тем, что в преобразователе напряжения работает один транзистор, из-за чего амплитудные значения напряжения обоих полупериодов не равны. При измерении вольтметром с относительным входным сопротивлением меньше 10 кОм/В напряжения будут несколько меньше (из-за шунтирования измеряемой цепи входным сопротивлением прибора). При значительно меньших напряжениях нужно будет подбирать резистор *R20*, заменив его на это время переменным резистором с номинальным сопротивлением 270—500 Ом. Если подбором сопротивления резистора не удастся увеличить напряжения на выходах выпрямителей, это укажет на необходимость замены транзистора типа П201 другим той же серии или транзистором типа П213. Затем вставляют электронно-лучевую трубку. После прогрева катода на ее экране должно появиться светящееся пятно, которое легко фокусируется переменным резистором *R17*, а при помощи резисторов *R11, R13* может смещаться по горизонтали и вертикали.

Проверяя генератор развертки, нужно убедиться, что он при наибольшем сопротивлении переменного резистора *R12* создает колебания частотой 0,5 Гц. Если частота больше, то несколько увеличивают емкость конденсатора *С6*. Соответственно, в случае необходимости, подбирают конденсаторы *С7* и *С8* при других положениях переключателя *«Частота» (В1)*.

Во время проверки и налаживания усилителя вертикального отклонения луча надо исключить какие-либо случаи разрыва цепей смещения транзисторов *Т1* и *Т2*. Даже мгновенное отключение базовых резисторов *R2* и

R6 при включенном питании приводит к немедленному пробою транзисторов.

Динистор можно заменить тиратроном типа МТХ-90, включив его по схеме, изображенной на рис. 6. В этом случае емкость конденсатора *C4*, через который в цепь генератора развертки подаются синхронизирующие импульсы, должна быть в пределах 20—47 пФ.

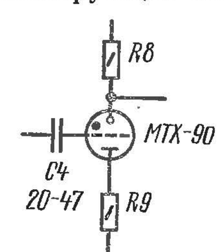


Рис. 6. Тиратрон МТХ-90 и схема его включения вместо динистора

Тиратрон с держателем желательно вынести на козырек бленды прибора, что повысит эффективность знакомства обучаемых с процессами получения пилообразного напряжения в генераторах развертки. Так, при частоте развертки 0,5 Гц наблюдатель видит на экране трубки медленное перемещение светящейся точки по горизонтали. Когда напряжение на конденсаторе *(C6—C8)* генератора развертки станет равным напряжению зажигания тиратрона, произойдет быстрый разряд конденсатора через тиратрон и возвращение луча в исходное положение.

В. РИНСКИЙ

Учебные пособия по импульсной технике

Элементы импульсной техники широко применяются в электронной автоматике, телевидении, радиолокации и во многих других областях радиоэлектроники. Описываемый комплект учебно-демонстрационных приборов, в которых используются широко распространенные неоновые лампы, позволяет собрать разные по сложности и принципу работы импульсные устройства. Самоиндикация электрических состояний неоновых ламп и соответствующий выбор частоты повторения и длительности импульсов обеспечивают визуальное наблюдение действия импульсных элементов без осциллографа и каких-либо других измерительных приборов.

Неоновая лампа имеет два электрода, заключенные в стеклянный баллон, наполненный неоном с примесью

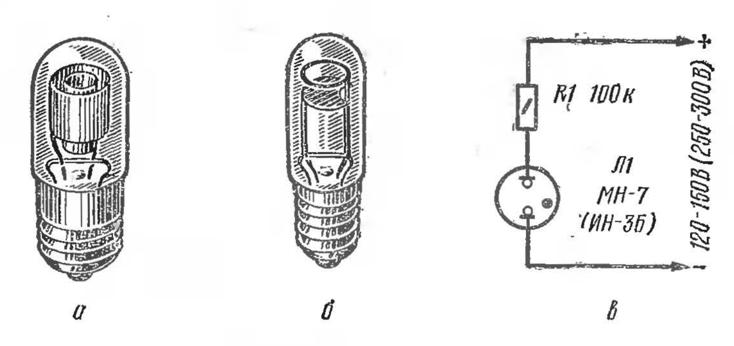


Рис. 1. Неоновые лампы

аргона или гелия. Катодами неоновых ламп, предназначенных для работы в цепях постоянного тока, всегда являются электроды бóльшей площади: цилиндр (рис. 1, *а*) или диск (рис. 1, *б*), у поверхности которых возникает свечение газа. При включении лампы в цепь постоянного тока необходимо соблюдать полярность включения.

В описываемых демонстрационных приборах используются неоновые лампы МН-7 или ИН-3, предварительно подвергнутые электрической формовке постоянным током (по схеме, изображенной на рис. 1, *в*) в течение

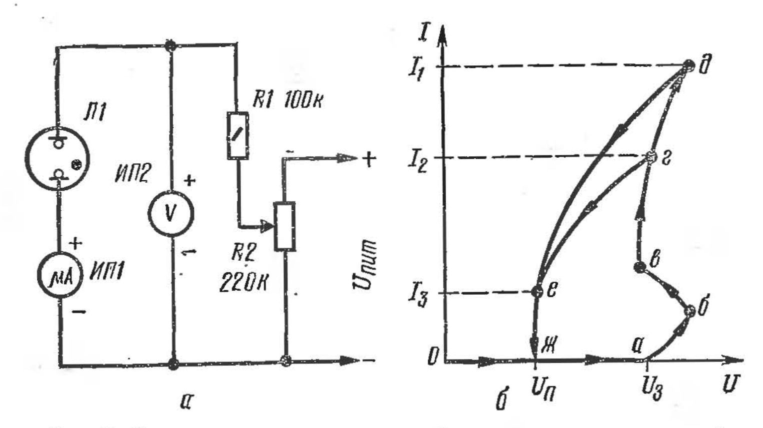


Рис. 2. Схема снятия вольт-амперной характеристики неоновой лампы

10—20 часов. Для ламп типа МН-7 напряжение источника питания должно быть 120—150 В, для ИН-3Б — 250—300 В.

Вольт-амперная характеристика неоновых ламп — нелинейная, сложной формы. Схема устройства, с помощью которого можно снять вольт-амперную характеристику лампы, показана на рис. 2, *а*. Повышение напряжения питания $U_{пит}$ до величины напряжения зажигания $U_з$ практически не вызывает тока через лампу (на рис. 2*б* — участок характеристики *0 — а*). При напряжении зажигания $U_з$ в лампе возникает тлеющий разряд. В результате дальнейшего увеличения напряжения (участок *а—б*) сила тока через лампу возрастает, после чего происходит скачкообразное уменьшение напряжения (участок *б—в*). Возрастание силы тока (участок *в—г*) при практически постоянном напряжении горения лампы сменяется некоторым увеличением напряжения (участок *г—д*).

Уменьшение силы тока через лампу от максимального значения I_1 сопровождается убыванием напряжения (участок *д—е*) вплоть до прекращения разряда при напряжении погасания лампы $U_п$, после чего сила тока резко падает от минимальной величины $I_з$ до нуля (участок *е—ж*). Таким образом, вольт-амперная характеристика неоновой лампы состоит из нескольких участков, соответствующих различным фазам тлеющего разряда. Если же максимальная сила тока ограничена значением I_2, вольт-амперная характеристика представляется линией *0абвгеж*. Однако и в этом случае сохраняются ее важнейшие особенности: наличие участка *б—в*, соответствующего отрицательному сопротивлению лампы, и неравенство $U_п < U_з$, благодаря которому возможна работа лампы в различных релаксационных устройствах.

Генераторы пилообразного напряжения. Простейший генератор пилообразного напряжения, собранный по схеме рис. 3, *а*, содержит зарядную цепь *R1C1* и разрядную цепь *C1Л1R2*. При заряде конденсатора *C1* до напряжения зажигания $U_з$ лампа *Л1* не проводит ток. Затем происходит зажигание тлеющего разряда, через лампу протекает кратковременный импульс тока, и напряжение на конденсаторе *C1* быстро уменьшается до напряжения погасания $U_п$. При этом на резисторе *R2* формируется импульс напряжения. В дальнейшем эти

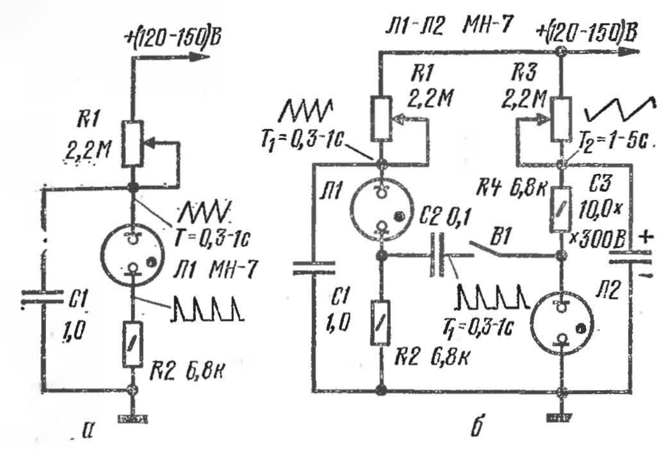


Рис. 3. Генераторы пилообразного напряжения

процессы, эпюры напряжений которых изображены на схеме, повторяются с периодом *T*, равным 0,3—1,0 с, который можно изменять переменным резистором *R1* или включением в зарядно-разрядную цепь конденсаторов различной емкости.

Устройство, собранное по схеме, изображенной на рис. 3, *б*, содержит два генератора пилообразного напряжения, которые могут работать как независимо друг от друга, так и в режимах синхронизации или деления

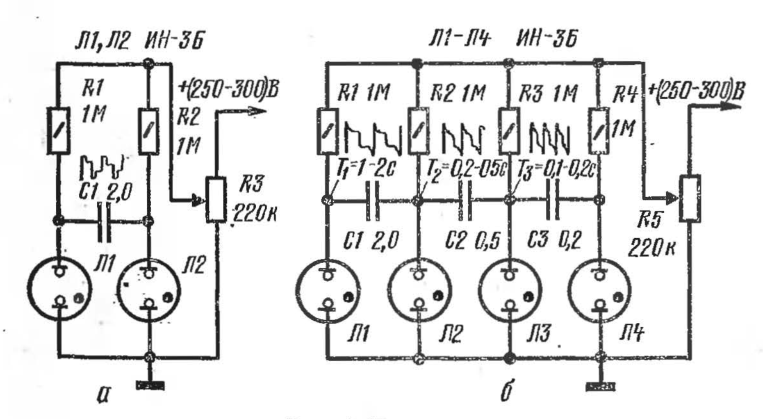


Рис. 4. Мультивибраторы

частоты повторения импульсов. При замыкании контактов выключателя *В1* положительные импульсы, создающиеся на резисторе *R2* ведущего генератора на лампе *Л1*, синхронизируют ведомый генератор на лампе *Л2*. Изменением сопротивлений переменных резисторов *R1* и *R3* можно получить или одновременные вспышки обеих ламп (синхронизацию), или вспышки лампы *Л2* одновременно со второй, третьей и т. д. вспышками лампы *Л1* — происходит деление частоты в 2, 3 и т. д. раза.

Мультивибраторы. Симметричный мультивибратор, собранный по схеме, изображенной на рис. 4, *а*, генерирует импульсы напряжения с крутыми фронтами и периодом повторения *T*, равным 1—2 с. Период повторения импульсов зависит от сопротивления резисторов *R1* и *R2* и емкости конденсатора *C1*, а также от напряжения питания, регулируемого переменным резистором *R3*. Лампы *Л1* и *Л2* поочередно зажигаются на одинаковые промежутки времени, что свидетельствует об электрической симметрии плеч мультивибратора. Чтобы мультивибратор стал несимметричным, надо один из резисторов (*R1* или *R2*) заменить резистором другого номинала, например 100 кОм. При этом продолжительность горения ламп *Л1* и *Л2* будет различной.

Устройство, принципиальная схема которого изображена на рис. 4, *б*, является сочетанием двух симметричных мультивибраторов с общей для них лампой *Л2* и конденсаторами *C1* и *C2* разной емкости. Поэтому лампа *Л3* зажигается и погасает чаще, чем *Л1*, т. е. $T_2 < T_1$. Этот двухчастотный мультивибратор может быть превращен в трехчастотный добавлением лампы *Л4*, конденсатора *C3* и резистора *R4*. Периоды повторения импульсов на анодах ламп можно регулировать резистором *R5*, причем они соотносятся как целые числа, следовательно, в устройстве происходит умножение частоты колебаний.

Селектор совпадений, принципиальная схема которого показана на рис. 5, состоит из двух релаксационных генераторов импульсов: положительных — на лампе *Л1* и отрицательных — на лампе *Л2* и, кроме того, каскада временных совпадений на лампе *Л3*. При максимальном сопротивлении переменного резистора *R5* генератор на лампе *Л2* работает в независимом режиме, и период повторения отрицательных импульсов устанавливают переменным резистором *R4*. Уменьшение сопротив-

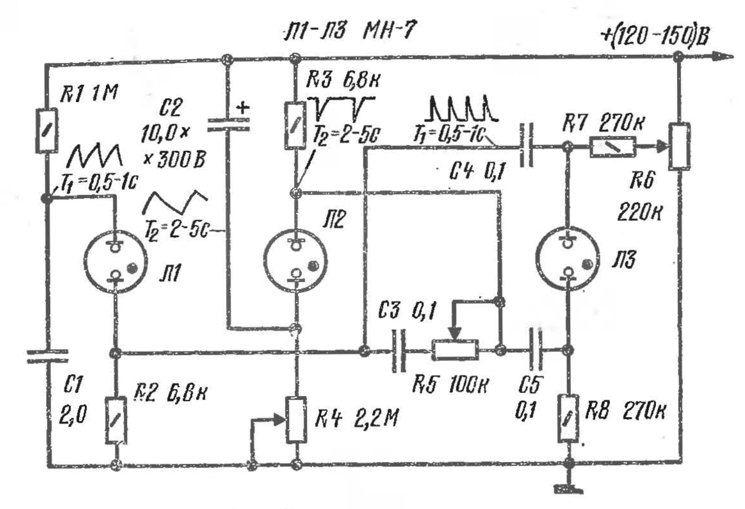


Рис. 5. Селектор совпадений

ления резистора *R5* усиливает связь между лампами *Л1* и *Л2* через конденсатор *С3*, в результате чего генератор отрицательных импульсов переходит в режим деления частоты положительных импульсов, вырабатываемых генератором на лампе *Л1*.

Импульсы положительной и отрицательной полярности через конденсаторы *С4* и *С5* поступают соответственно на анод и катод лампы *Л3* каскада временны́х совпадений. Регулированием анодного напряжения переменным резистором *R6* можно установить такой режим работы этого каскада, при котором вспышки лампы *Л3* происходят только при временно́м совпадении отрицательного импульса с одним из положительных: вторым, третьим и т. д., в зависимости от кратности деления частоты.

Следует отметить критичность селектора совпадений к выбору режима работы лампы *Л3* и амплитуды синхронизации генератора на лампе *Л2*.

Во всех описанных устройствах можно использовать неоновые лампы как типа МН-7 (при напряжении питания 120—150 В), так и типа ИН-3Б (при напряжении питания 250—300 В). Лампы ИН-3Б обладают более ярким свечением, которое можно наблюдать под широ-

ким углом зрения, поэтому им следует отдать предпочтение. После формовки ламп следует отметить и в дальнейшем соблюдать полярность электродов, не допуская переполюсовки.

Номинальные напряжения конденсаторов должны быть не ниже напряжения источника питания устройств и с возможно меньшими утечками. Их емкости некритичны и могут отличаться от указанных на схемах в пределах $\pm 30\%$. Постоянные и переменные резисторы могут быть любых типов на мощность рассеяния не менее 0,25 Вт.

Учебные приборы монтируют на панелях из листового органического стекла, гетинакса или другого прочного изоляционного материала. Детали на них размещают в том же порядке, в каком они находятся на принципиальной электрической схеме.

Режимы импульсных устройств на неоновых лампах критичны, поэтому питать их желательно от стабильных источников тока с малым внутренним сопротивлением.

Источником питания может служить батарея 330-ЭВМГЦ-1000 («Молния»), используемая для ламп-фотовспышек. Можно питать устройства и от сети переменного тока через выпрямитель с выходным напряжением 250—300 В. С помощью делителя из двух резисторов сопротивлением по 10 кОм (на мощность рассеяния 2 Вт) половина этого напряжения используется для питания устройств на лампах типа МН-7. Отрицательный полюс выпрямителя необходимо заземлять и соблюдать правила техники безопасности, так как выпрямитель является

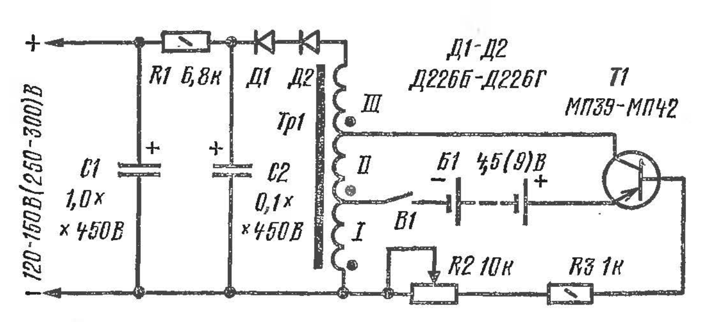


Рис. 6. Схема преобразователя напряжения для питания импульсных устройств

относительно мощным источником высокого напряжения. Применение бестрансформаторных выпрямителей недопустимо.

Возможно также питание от преобразователя напряжения, собранного, например, по схеме, приведенной на рис. 6. Такой источник состоит из блокинг-генератора на транзисторе *T1*, однополупериодного выпрямителя на диодах *Д1* и *Д2* и П-образного сглаживающего фильтра *C1R1C2*. Магнитопроводом трансформатора *Тр1* служит кольцо К10×6×4 из феррита марки 1000НМ. Обмотка *I* содержит 40 витков провода ПЭВ 0,15, обмотка *II* — 20 витков такого же провода, обмотка *III* — провод ПЭВ 0,05—0,07 (до заполнения окна магнитопровода).

Выходное напряжение, регулируемое переменным резистором *R2*, достигает: при напряжении батареи *Б1*, равном 4,5 В (батарея типа 3336Л), около 150 В, при напряжении 9 В (две батареи типа 3336Л) — около 300 В.

ЛИТЕРАТУРА

Еркин А. М. Лампы с холодным катодом. М., Энергия (Массовая радиобиблиотека, вып. 645), 1967.

Кораблев Л. Н. Лампы с холодным катодом. М., изд-во АН СССР, 1961.

Нил Д. М. Конструирование аппаратуры на ионных приборах с холодным катодом. Пер. с англ. с дополн. М., Энергия, 1968.

Ринский В. Фотометр.— «Радио», 1968, № 9, с. 23.

Ринский В. Релаксационные генераторы с пьезотелефонами.— «Радио», 1970, № 8, с. 38.

Хесин А. Я. Импульсная техника. Изд. 2-е. М., Энергия (Массовая радиобиблиотека, вып. 771), 1971.

Шилов В. Ф. Конструкции на неоновой лампе. М., Энергия (Массовая радиобиблиотека, вып. 732), 1970.

А. ДЬЯКОВ

Универсальный вход усилителя стереокомплекса

Каждый канал стереофонического усилителя можно разделить на три составные части: входной блок, блок регулировки (усиление, тембр и баланс) и усилитель мощности. Блок питания обычно является общим для обоих каналов.

В этой статье речь идет только о входном блоке канала, содержащем предварительный усилитель и систему коммутации внешних цепей, обеспечивающих ему универсальность. Ко входу описываемого блока можно подключить: стереофонический пьезоэлектрический или магнитный звукосниматель, микрофон, выход магнитофона и выход радиоприемника, а также вход магнитофона при перезаписи с грампластинки или при записи с микрофона.

Для высококачественного воспроизведения электрических сигналов необходимо согласовывать выходное сопротивление источника сигнала с входным сопротивлением предусилителя во всем диапазоне частот и обеспечить необходимое усиление. А так как электрические параметры источников сигнала различны, то и характеристики предусилителей, работающих от этих источников, также должны быть различными.

Каким условиям должен удовлетворять предварительный усилитель входного блока? Частотная характеристика магнитного звукоснимателя имеет подъем в области высоких звуковых частот, а у пьезоэлектрического она имеет подъем в области низких и практически не имеет завала высоких звуковых частот. Следовательно, при

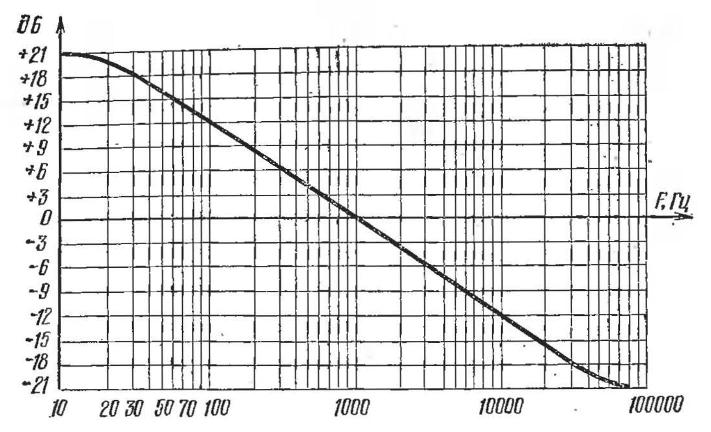


Рис. 1. Частотная характеристика предусилителя при воспроизведении грамзаписи с помощью магнитного звукоснимателя

воспроизведении грамзаписи с помощью магнитного звукоснимателя предусилитель должен иметь частотную характеристику с подъемом в области низких звуковых частот (рис. 1), а для пьезоэлектрического звукоснимателя она может быть равномерной во всем диапазоне звуковых частот. Для сигналов, поступающих от микрофона, магнитофона, приемника, частотная характеристика предусилителя также должна быть равномерной. Чувствительность же предусилителя в каждом случае должна быть разной. Для магнитного звукоснимателя или микрофона, например, усиление должно быть максимально. А это требует принятия специальных мер для уменьшения собственных шумов входных каскадов, что достигается подбором транзисторов и режимов их работы.

Принципиальная схема предлагаемого универсального входного блока стереофонического усилителя показана на рис. 2. Рассмотрим работу одного из его каналов — правого. Его усилитель (обведен штрих-пунктирными линиями) четырехкаскадный, на транзисторах *T1*—*T4*. Связь между транзисторами непосредственная. Первый и третий каскады работают в режиме усиления, второй и четвертый — согласующие. Усилитель охвачен комбинированной частотнозависимой отрицательной

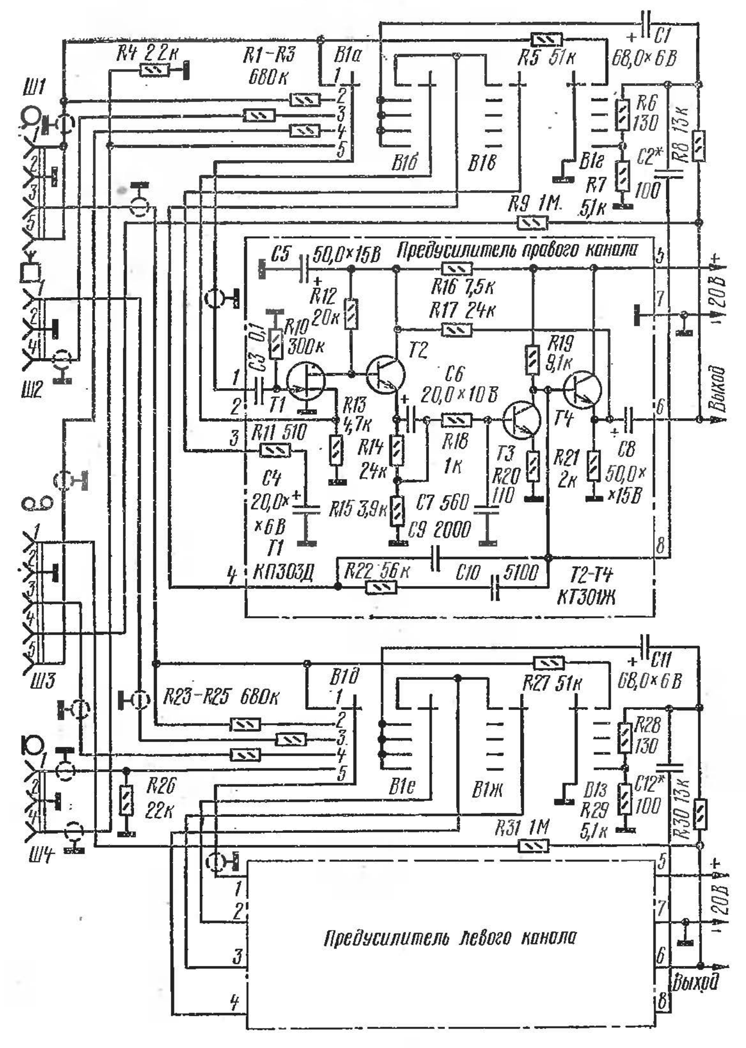


Рис. 2. Схема универсального входного блока для стереофонического усилителя. Положение контактов переключателя рода работы *В1*:

1 — магнитный звукосниматель; *2* — пьезоэлектрический звукосниматель; *3* — радиоприемник; *4* — магнитофон; *5* — микрофон

обратной связью, регулируемой в зависимости от вида источника входного сигнала.

Действие комбинированной отрицательной обратной связи сводится к следующему. В истоковую цепь полевого транзистора *T1* включен незаблокированный конденсатором резистор *R13*, благодаря которому между истоком и затвором транзистора возникает отрицательная обратная связь по току. Падение напряжения сигнала на этом резисторе противоположно по фазе сигналу на входе. В результате между затвором и истоком транзистора действует сигнал, равный разности между подводимым сигналом и падением напряжения на резисторе *R13* в цепи истока, что приводит к уменьшению коэффициента усиления первого каскада усилителя. Шунтирование резистора *R13* резистором *R11* (через разделительный конденсатор *C4*) ослабляет отрицательную обратную связь по току. В этом случае режим работы полевого транзистора по току не изменяется.

Одновременно в истоковую цепь полевого транзистора (вывод *2*) включается цепь частотнозависимой отрицательной обратной связи по напряжению. В одном случае это напряжение подается с вывода *4* через цепочку, образованную резистором *R22* и конденсаторами *C10*, *C9*, в другом — с вывода *8* через конденсаторы *C2* и *C1*. С увеличением частоты входного сигнала сопротивление цепи отрицательной обратной связи уменьшается, ее напряжение на выводе *2* возрастает, в результате чего коэффициент усиления предварительного усилителя уменьшается, что и обеспечивает ему требуемую частотную характеристику. При включении микрофона глубина отрицательной обратной связи за счет шунтирования резистора *R7* уменьшается и усиление предусилителя возрастает.

При подключении ко входу блока пьезоэлектрического звукоснимателя, приемника, магнитофона или микрофона (переключатель рода работы *B1* находится соответственно в положениях *2, 3, 4* или *5*) действует глубокая отрицательная обратная связь по напряжению между выводами *6* и *2* усилителя и сравнительно слабая обратная связь по току между выводами *8* и *2*.

Если грамзапись воспроизводится с помощью магнитного звукоснимателя (переключатель *B1* установлен в положение *1*), к выводу *2* подключается цепочка *R11C4*.

Одновременно с выводом *2* соединяется (через секцию *В1б* переключателя *В1*) вывод *4*, к которому, в свою очередь, подключена вторая цепь отрицательной обратной связи по напряжению, состоящая из конденсаторов *С9*, *С10* и резистора *R22*. Образуется цепь комбинированной частотнозависимой отрицательной обратной связи по току и напряжению.

При включении пьезоэлектрического звукоснимателя (*В1* — в положении 2) максимальное напряжение сигнала на входе усилителя (вывод *1*) поддерживается в пределах 100—150 мВ, чему служит делитель напряжения входного сигнала, составленный из резисторов *R1* и *R10*. Резистор *R4* уменьшает входное сопротивление предусилителя при подключении микрофона, резистор *R5* — при подключении магнитного звукоснимателя.

Выход усилителя блока (вывод *6*) рассчитан на соединение с переменным резистором, выполняющим роль регулятора громкости стереоусилителя, с номинальным сопротивлением 47 кОм. С этого же вывода низкочастотный сигнал подается через резистор *R9* к гнезду *4* разъема *Ш3* для записи на магнитную ленту. Чувствительность усилителя при работе от микрофона и магнитного звукоснимателя составляет 3,5—4,0 мВ. Наличие некоммутируемых выводов гнезд на разъеме *Ш3* позволяет вести перезапись с грампластинок на магнитную ленту при одновременном прослушивании стереозаписи грампластинки на акустические устройства стереофонического усилителя.

Питание предусилителя осуществляется от источника постоянного тока напряжением 20 В (автономного или блока питания стереофонического усилителя). Потребляемый ток не превышает 5 мА. Коэффициент передачи тока биполярных транзисторов должен быть в пределах 50—80. Для коммутации цепей предусилителя желательно использовать малогабаритный переключатель типа ПГЗ-5П-8НП.

Детали входного блока можно смонтировать на печатной плате размерами 85×58 мм. Вариант печатной платы, выполненной из фольгированного стеклотекстолита, и соединения деталей на ней показаны на рис. 3.

Правильно смонтированный предусилитель не требует регулировки. Его вместе с подключаемыми внеш-

Рис. 3. Печатная плата предусилителя (*б*) и соединение деталей (*а*)

ними элементами цепей отрицательной обратной связи проверяют при совместной работе с усилителем стереокомплекса.

В. ШУШУРИН

Усилитель мощности

Описываемый усилитель мощности совместно с предварительным усилителем НЧ предназначен для работы с аппаратурой ансамбля электромузыкальных инструментов, а также может быть использован для озвучивания небольших залов, клубных помещений.

Номинальная выходная мощность усилителя 100 Вт. Коэффициент гармоник на частоте 1000 Гц не более 0,8 %, на частотах 30 и 18 000 Гц — не более 2%. В диапазоне частот 30—18 000 Гц неравномерность частотной характеристики ±1 дБ. Номинальная чувствительность 500 мВ, номинальное выходное напряжение на нагрузке 12,5 Ом — 35 В. Уровень помех усилителя относительно номинального выходного уровня около —70 дБ. Потребляемая от сети мощность 380 В·А.

Принципиальная схема усилителя мощности приведена на рис. 1. Первые два каскада выполнены на лампах *Л1* и *Л2а*. Второй триод лампы типа 6Н6П (*Л2б*) используется в фазоинверсном каскаде с разделенной нагрузкой (*R10* и *R12*). Оконечный каскад усилителя собран по двухтактной схеме на лампах *Л3—Л6*, причем для обеспечения необходимой мощности в каждом плече включены параллельно по две лампы.

Для получения равномерной частотной характеристики и малых нелинейных искажений три последних каскада усилителя охвачены глубокой отрицательной обратной связью по напряжению. Напряжение обратной связи снимается со вторичной обмотки выходного трансформатора *Тр2* и через цепочку *R19C8* подается в цепь катода лампы *Л2а*.

Лампы *Л3—Л6* оконечного каскада работают в режиме AB_1. Отрицательное смещение на их управляющие сетки подается от отдельного источника — однополупериодного выпрямителя на диоде *Д1*.

Питание анодных цепей оконечных ламп осуществляется от двухполупериодного выпрямителя на диодах

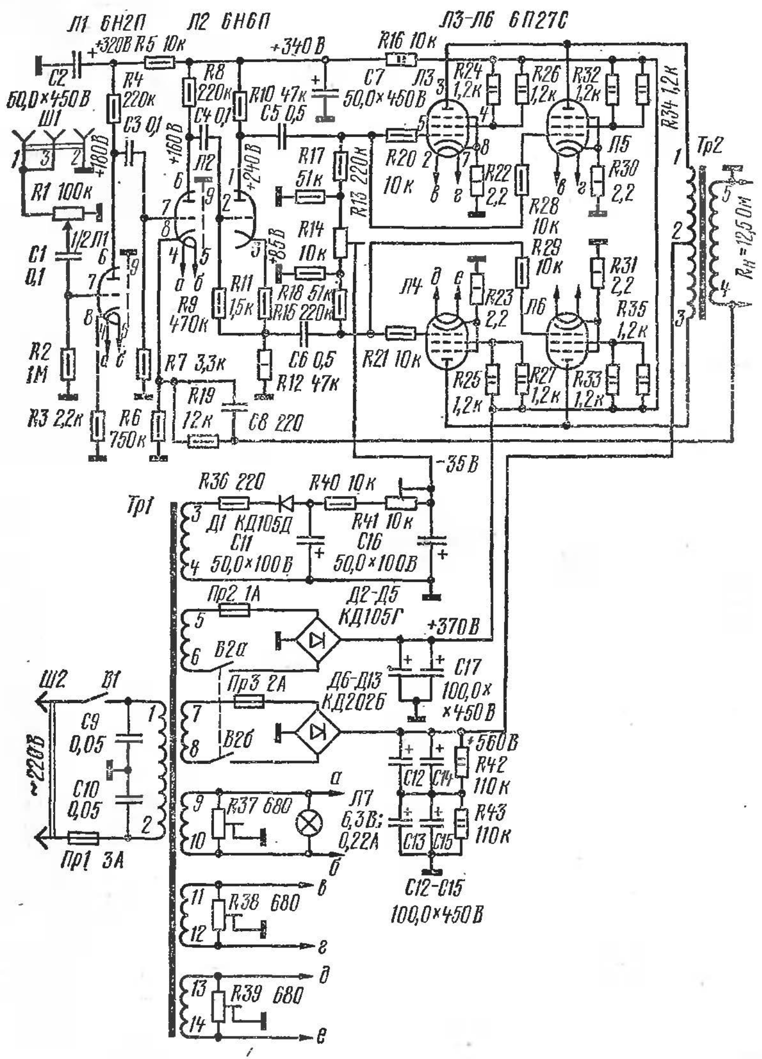


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

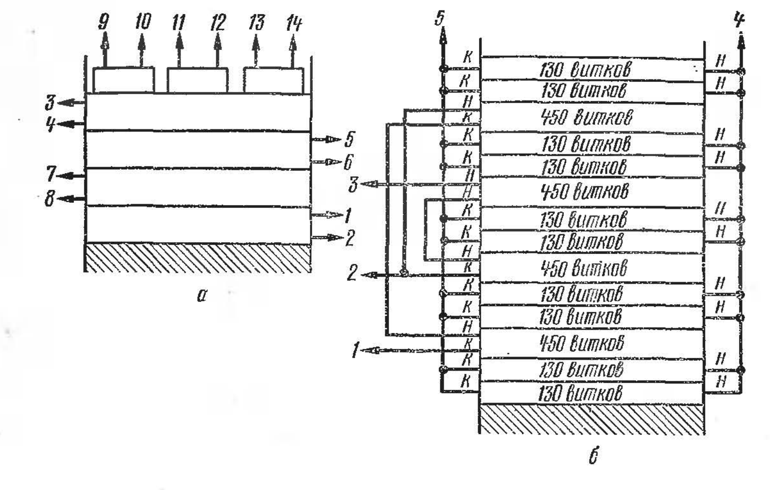


Рис. 2. Расположение обмоток трансформатора питания *(а)* и выходного трансформатора *(б)* на каркасе

Д6—Д13, включенных по мостовой схеме, а питание экранирующих сеток этих ламп и анодных цепей ламп *Л1* и *Л2* — от выпрямителя на диодах *Д2—Д5*. Фильтры выпрямителей — емкостные. Емкость фильтрующих конденсаторов выбрана такой, чтобы при изменении отдаваемой усилителем мощности от нуля до номинальной питающие напряжения изменялись не более чем на 10%.

Усилитель мощности в виде отдельного, полностью законченного в электрическом и конструктивном отношении блока смонтирован на металлическом шасси размерами 490×210×70 мм. Сверху на шасси установлены все электронные лампы, трансформаторы и электролитические конденсаторы. Остальные детали смонтированы в подвале шасси.

Трансформатор питания выполнен на магнитопроводе Ш32×80, окно 32×80 мм. Обмотка *1—2*, рассчитанная на напряжение сети 220 В, содержит 374 витка провода ПЭВ-1 1,0, обмотка *3—4* — 85 витков провода ПЭВ-1 0,25, обмотка *5—6* — 790 витков провода ПЭВ-1 0,55, обмотка *7—8* — 550 витков провода ПЭВ-1 0,41, обмотка *9—10* — 11 витков провода ПЭВ-1 0,9, обмотки *11—12* и *13—14* — по 11 витков провода ПЭВ-1 1,4.

Расположение обмоток на каркасе трансформатора питания показано на рис. 2, *а*.

Выходной трансформатор *Тр2* выполнен на таком же магнитопроводе, что и трансформатор питания. Обмотки секционированы. Схема расположения секций обмоток на каркасе изображена на рис. 2, *б*. Первичная обмотка *1—3* состоит из четырех секций провода ПЭВ-1 0,55 по 450 витков в каждой секции. Секции соединены последовательно, и от середины сделан отвод (вывод *2*). Вторичная обмотка *4—5* состоит из десяти соединенных параллельно секций провода ПЭВ-1 0,55 по 130 витков в каждой секции.

При условии правильного монтажа, применения предварительно проверенных деталей и изготовления выходного трансформатора по рекомендованной схеме налаживание усилителя мощности сводится к установке подстроечным резистором *R41* необходимого напряжения смещения ламп выходного каскада (—35 В) и балансировке плеч ламп этого каскада резистором *R14*.

Необходимо помнить, что включать усилитель мощности без нагрузки нельзя, так как это может вызвать электрический пробой между обмотками выходного трансформатора.

К. ШАЙДУЛЛИН

Комбинированный измерительный прибор

Прибор включает в себя частотомер и измеритель емкости.

Частотомер имеет десять пределов измерения: 0,1; 0,5; 1; 5; 10; 50; 100; 500; 1000 и 2000 кГц. Погрешность не более 5%. Входное сопротивление прибора при измерении сигнала напряжением от 0,1 до 10 В — 50 кОм, при измерении сигнала напряжением от 3 до 3000 В — 1,8 МОм. Форма сигнала измеряемой частоты — любая. Постоянная составляющая сигнала не должна превышать 150 В.

Измеритель емкости имеет пять пределов измерения: 50; 100; 1000; 10 000 и 100 000 пФ. Погрешность измерений зависит в основном от точности калибровочных конденсаторов и микроамперметра, используемого в качестве отсчетного прибора.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 1, а блока питания — на рис. 2. Общими для измерителей частоты и емкости являются: микроамперметр *ИП1*, переключатель пределов измерений *В2*, ручка калибровки (переменных резисторов *R17* и *R43*), переключатель *В1* *«Калибр.— работа»*, переключатель питания *В3* (см. рис. 2).

В блоке питания два выпрямителя с выходными напряжениями 4,5 и 5,6 В. При включении частотомера переключателем *В3* питание на транзисторы *Т6—Т9* (вывод *4*) не подается.

В основу работы частотомера положен конденсаторный метод измерения частоты. Исследуемый сигнал подается на один из входных зажимов (напряжения

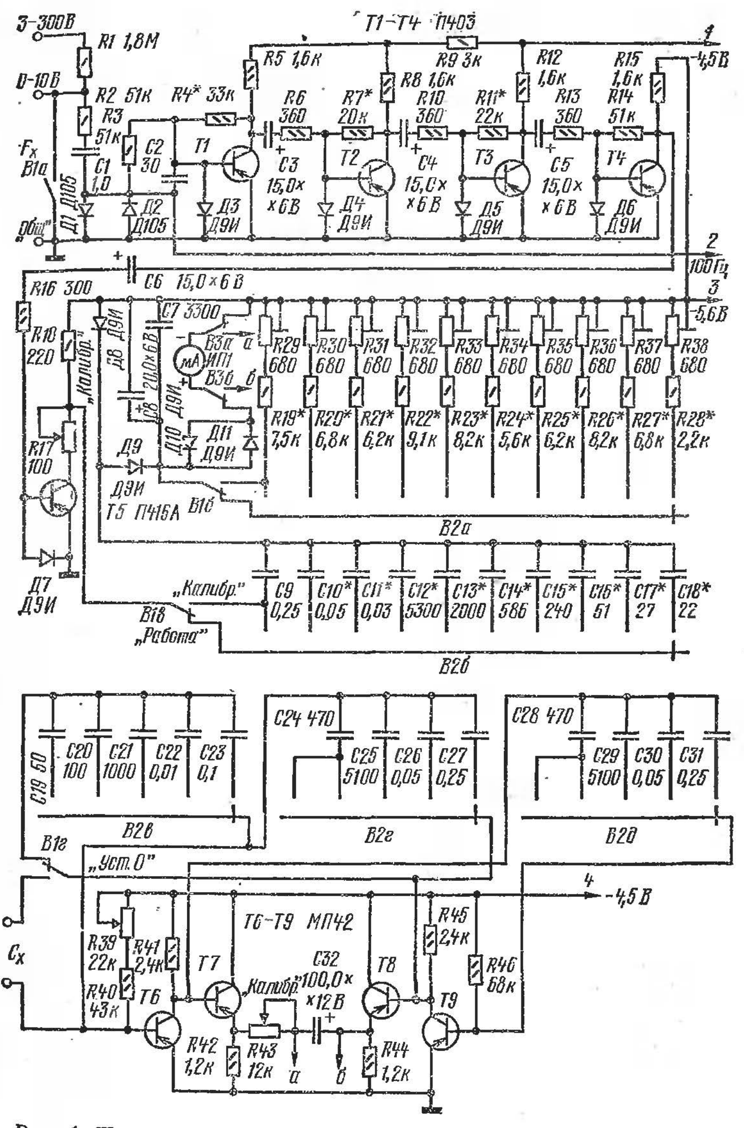


Рис. 1. Принципиальная схема комбинированного измерительного прибора

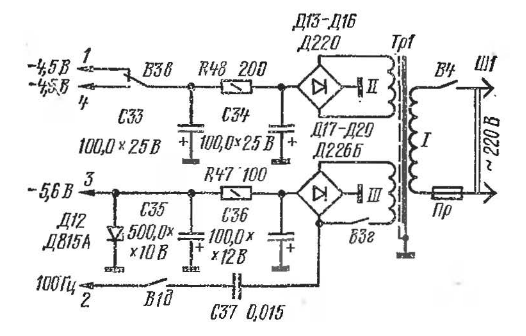


Рис. 2. Схема блока питания прибора

0,1—10,0 В или 3—300 В). Ограниченный диодами *Д1* и *Д2* по амплитуде сигнал поступает на вход четырехкаскадного усилителя-ограничителя, собранного на транзисторах *Т1*—*Т4*, где происходит устранение зависимости показания прибора от амплитуды напряжения измеряемого сигнала. С коллектора транзистора *Т4* прямоугольные импульсы постоянной амплитуды через конденсатор *С6* и резистор *R16* подаются на базу транзистора *Т5*, работающего в режиме электронного ключа. Во время отрицательного полупериода транзистор *Т5* открыт и через микроамперметр *ИП1* течет ток заряда одного из конденсаторов *С9*—*С18*, отклоняя стрелку прибора на угол, соответствующий измеряемой частоте. При положительном полупериоде транзистор *Т5* закрывается и конденсатор разряжается, минуя микроамперметр *ИП1*. В это время накопительные конденсаторы *С7* и *С8* удерживают стрелку прибора до прихода следующего отрицательного импульса.

Режим работы транзисторов *Т1*—*Т4* устанавливают подбором резисторов *R4, R7, R11* и *R14*. Резисторы *R5, R8, R12* и *R15* являются нагрузкой цепей коллекторов транзисторов. Диоды *Д3*—*Д7* обеспечивают разряд конденсаторов *С3, С4, С5* и *С6*. Резисторы *R6, R10, R13, R16* защищают диоды *Д4*—*Д7* от пробоя током заряда конденсаторов *С3*—*С6*. Диоды *Д10* и *Д11* устраняют нелинейность показаний микроамперметра. Подстроечными резисторами *R29*—*R38* более точно градуируют шкалу каждого предела измерений.

Частотомер калибруют колебаниями частотой 100 Гц, снимаемыми с выпрямительного моста на диодах *Д17—Д20* блока питания, для чего переключатель *В1* устанавливают в положение *«Калибр.»*. При этом контактами *В1а* замыкают накоротко вход частотомера, контактами *В1б* подключают цепочку резисторов *R19*, *R29* к диодам *Д9—Д11*, а контактами *В1в* — конденсатор *С9* к коллекторной цепи транзистора *Т5*. Таким образом частотомер переводится на первый предел измерений, на котором и производят калибровку. Сигнал частотой 100 Гц поступает на вход усилителя-ограничителя через конденсатор *С37* и контакты *В1д*. Переменным резистором *R17* *«Калибр.»* стрелку микроамперметра *ИП1* устанавливают на конечную отметку шкалы, переключатель *В1* переводят в положение *«Работа»*, и прибор готов к измерению частоты.

Частотомер можно калибровать и от внешнего источника переменного напряжения. В этом случае переключатель *В1* устанавливают в положение *«Работа»*, а калибрующий сигнал подают на соответствующий вход прибора.

Схема мультивибраторного измерителя емкости прибора заимствована из журнала «Радио» (1974, № 5, с. 57). Мультивибратор, собранный на транзисторах *Т6* и *Т9*, генерирует импульсы отрицательной полярности, близкие по форме к прямоугольным. Длительность импульсов и пауз между ними определяется сопротивлением последовательно соединенных резисторов *R39, R40*, резистора *R46* и емкостями времязадающих конденсаторов, например емкостями конденсаторов *С24* и *С28* на первом пределе измерений. Транзисторы *Т7* и *Т8*, включенные по схеме эмиттерных повторителей, согласуют высокое выходное сопротивление мультивибратора с относительно малым сопротивлением рамки микроамперметра *ИП1*. Постоянная составляющая тока, протекающего через измерительный прибор, пропорциональна разности между длительностями импульсов и пауз между ними. В случае их равенства сила тока, протекающего через миллиамперметр, равна нулю. Конденсаторы *С19—С23* — калибровочные.

Детали комбинированного измерительного прибора скомпонованы на трех печатных платах, выполненных из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

На одной из них (размерами 210×100 мм) смонтированы усилитель и электронный ключ частотомера, на другой (95×95 мм) — диоды *Д9—Д11* и резисторы *R19—R38* частотомера, на третьей (210×100 мм) — элементы измерителя емкости и блока питания. Будучи прикрепленными к П-образным стойкам, они образуют три стен-

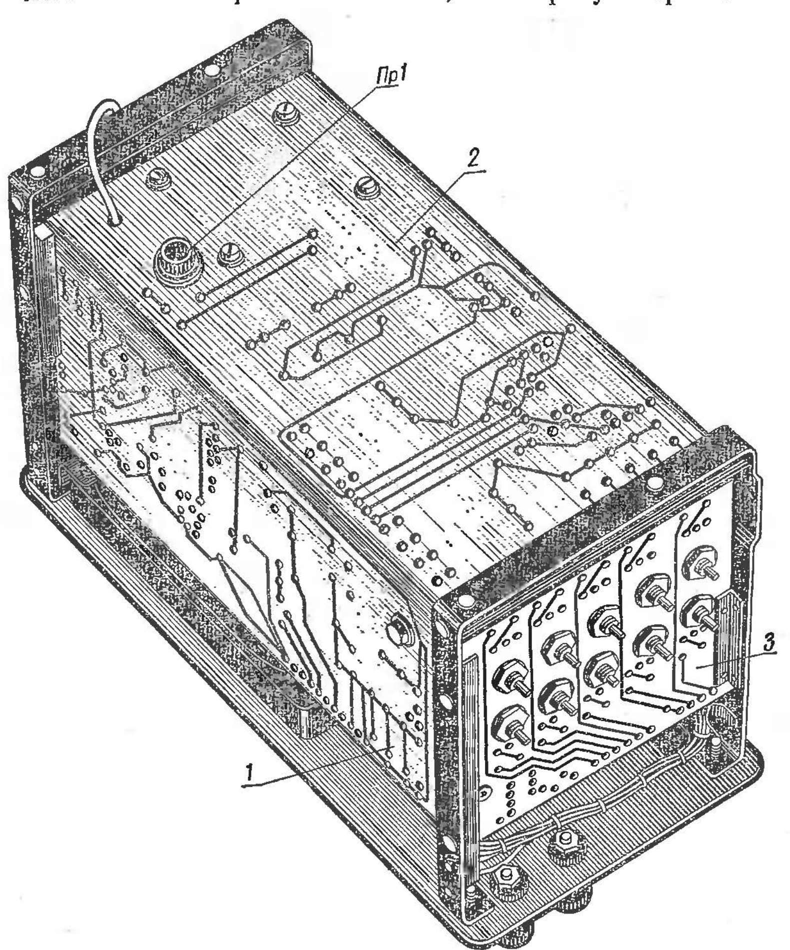


Рис. 3. Конструкция измерительного прибора (вид сзади):

1 — плата усилителя-ограничителя и электронного ключа частотомера; *2* — плата измерителя емкости и блока питания; *3* — плата резисторов *R19—R38* и диодов *Д9—Д11* частотомера

ки каркаса (рис. 3), закрываемого металлическим кожухом. Микроамперметр, входные зажимы и коммутирующие элементы монтируют на передней лицевой панели прибора.

Внешние размеры прибора 235×110×140 мм.

Микроамперметр *(ИП1)*, использованный в комбинированном измерительном приборе, типа М24, рассчитан на силу тока полного отклонения стрелки 50 мкА. Переключатель пределов измерения *В2* типа 10П5Н, переключатели *В1, В3* и *В4* — П2К. Переменный резистор *R39* типа СП-I, *R17* и *R43* — сдвоенный ПП-3, подстроечные резисторы *R29—R38* — типа СПО-0,5, постоянные резисторы — типа МЛТ и УЛМ. Конденсаторы — типа КСО, КТК, МБМ, К50-6.

Трансформатор *Тр1* блока питания имеет магнитопровод Ш16×22; обмотка *I* содержит 2640 витков провода ПЭВ-1 0,21, обмотка *II* — 70 витков провода ПЭВ-1 0,25, обмотка *III* — 45 витков такого же провода. Между первичной и вторичными обмотками сделан электростатический экран в виде незамкнутого витка из полосы медной фольги.

Налаживание начинают с установки рекомендуемых режимов транзисторов *Т1—Т4* усилителя-ограничителя частотомера. Транзистор *Т5* не требует подгонки режима. Затем переключатель *В2* устанавливают на первый предел измерения, движки резисторов *R17* и *R29—R38* устанавливают в среднее положение, а резистор *R19* временно заменяют переменным резистором. На вход прибора подают сигнал частотой 100 Гц. Переменным резистором *R19* и подбором конденсатора *С9* стрелку микроамперметра *ИП1* устанавливают на конечное деление шкалы. Измерив сопротивление введенной части переменного резистора *R19*, его заменяют постоянным резистором близкого номинала и более точно устанавливают стрелку прибора на конечное деление шкалы подстроечным резистором *R29*. Аналогично градуируют остальные пределы измерения.

Некоторую нелинейность показаний прибора устраняют подбором диодов *Д10—Д11*. Хорошо налаженный частотомер при изменении напряжения сигнала образцового генератора от 0,1 до 300 В не должен давать погрешности более 5%.

Приступая к налаживанию измерителя емкости, по осциллографу проверяют наличие генерации мультивибратора на всех пределах измерения. После этого попарным уравниванием емкостей времязадающих конденсаторов на всех пределах (*C24* и *C28*, *C25* и *C29*, *C26* и *C30*, *C27* и *C31*) добиваются установки стрелки прибора по возможности ближе к нулевой отметке шкалы при среднем положении движка резистора *R39*. Затем переключатель *B1* ставят в положение *«Калибр.»* и переменным резистором *R43* устанавливают стрелку микроамперметра *ИП1* на последнее деление шкалы, причем переменный резистор *R43* должен обеспечивать отклонение стрелки прибора до последнего деления на всех пределах измерения.

Коротко о работе с измерителем емкости. Перед измерением переключатель *B1* устанавливают в положение *«Работа»*, а *B2* — в положение, соответствующее выбранному пределу измерений. Переменным резистором *R39* *«Уст.0»* устанавливают стрелку прибора на нулевую отметку шкалы. Затем производят калибровку: переключатель *B1* устанавливают в положение *«Калибр.»* и переменным резистором *R43* стрелку прибора устанавливают точно на последнее деление шкалы. После этого переключатель *B1* переводят в положение *«Работа»* и производят измерения.

В. АЛФЕРОВ, С. ЛЫЖИН

Автоматический электронный цифровой термометр

Автоматический электронный цифровой термометр предназначен для дистанционного измерения температуры воздуха в диапазоне от —49 до +49° С с точностью ±0,6° С. Индикация результата измерения осуществляется на настольном световом табло, выполненном на цифровых индикаторных лампах ИН-2. Предусмотрен выход к внешнему табло на лампах накаливания. Мощность, потребляемая прибором от сети напряжением 220 В при работе с настольным табло, не превышает 30 Вт.

Цифровой электронный термометр разработан в студенческом конструкторско-исследовательском бюро по автоматике (СКИБ-А) Московского инженерно-физического института. Прибор установлен в МИФИ, в плавательном бассейне «Чайка» (г. Москва), а также в некоторых здравницах на Черноморском побережье Крыма. Прибор не требует никакого обслуживания, кроме замены перегоревших ламп внешнего табло.

Структурная схема прибора изображена на рис. 1. В качестве датчика температуры использован медный термометр сопротивления. Датчик соединен с измерительным устройством, выполненным по мостовой схеме. В зависимости от величины и знака разбаланса моста пороговое реле управляет блоком движения, обеспечивающим автоматическую балансировку моста путем коммутации эталонных сопротивлений при помощи первого и второго контактных полей коммутатора. Третье и четвертое контактные поля того же коммута-

тора используются для коммутации цифр на световом табло.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 2. Датчик *R1* представляет собой медный термометр сопротивления. Зависимость сопротивления медного провода от температуры описывается следующей формулой:

$$R1 = R_\theta = R_0\,(1 + \alpha\Delta\theta),$$

где R_0 — сопротивление медного провода при некоторой фиксированной температуре θ_0, $\Delta\theta$ — отклонение температуры от θ_0, R_θ — сопротивление датчика при температуре θ, α — температурный коэффициент сопротивления. Температурный коэффициент сопротивления меди равен 0,004 1/град и остается практически постоянным в диапазоне температур от —100 до +500° С. В качестве фиксированной температуры θ_0 удобно брать комнатную температуру θ_0, равную 20° С.

Исходя из чувствительности моста измерительного устройства и условий согласования его с пороговым реле, величина приращения сопротивления датчика ΔR_θ при изменении температуры на 1° С выбрана равной 10 Ом, и поэтому сопротивление датчика R_θ при 20° С соответствует

$$R_{\theta = 20^\circ\mathrm{C}} = \frac{10\ \text{Ом}}{0{,}004\ 1/\text{град}\cdot 1\text{град}} = 2500\ \text{Ом}.$$

Измерительное устройство построено по схеме равновесного равноплечего моста, образованного резисторами *R1—R14, R17—R20*. Уравновешивание моста производится при помощи магазина сопротивлений *R2—R14*, коммутируемого реверсивным шаговым искателем *И1*

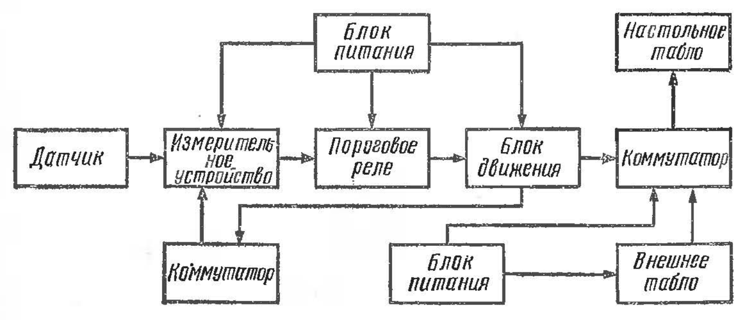
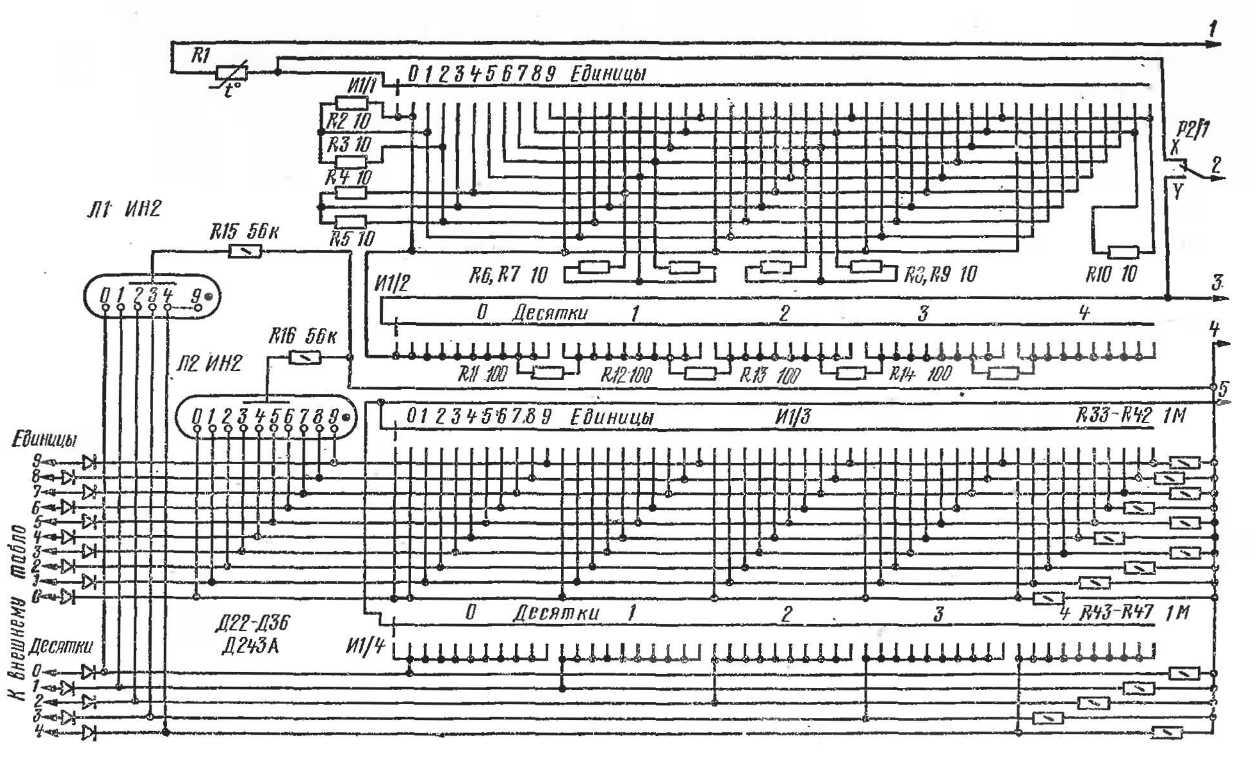


Рис. 1. Структурная схема автоматического термометра


R1
t°
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Единицы
И1/1
R2 10
R3 10
R4 10
R5 10
Р2/1
X
Y
Л1 ИН2
R15 56к
R6, R7 10
R8, R9 10
R10 10
И1/2
0 Десятки 1 2 3 4
R16 56к
Л2 ИН2
R11 100
R12 100
R13 100
R14 100
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Единицы
И1/3
R33-R42 1М
Единицы
К внешнему табло
0 Десятки 1 2 3 4 R43-R47 1М
Д22-Д36
Д243А
Десятки
И1/4
1
2
3
4
5

типа РШИ 50/4. Одному шагу искателя соответствует приращение сопротивления, равное 10 Ом. Примененный шаговый искатель позволяет осуществить 50 независимых коммутаций.

Таким образом, при использовании медного термометра сопротивления с сопротивлением датчика $R_{\theta=20°C}$, равным 2500 Ом, магазин сопротивлений *R2—R14* позволяет сбалансировать мост в диапазоне температуры от 0° С до —49° С с дискретностью 1° С. Для измерения положительных температур в диапазоне от 0° С до +49° С магазин сопротивлений переключается в нижнее (по схеме) плечо моста последовательно с резистором *R17*.

Переменный резистор *R19*, включенный потенциометром, служит для подстройки начала шкалы (0° С). Необходимость такой подстройки вызвана погрешностями сопротивлений резисторов *R1—R14* и *R17, R18, R20*. Напряжение питания моста ($U_{пит}$=26 В) стабилизиро-

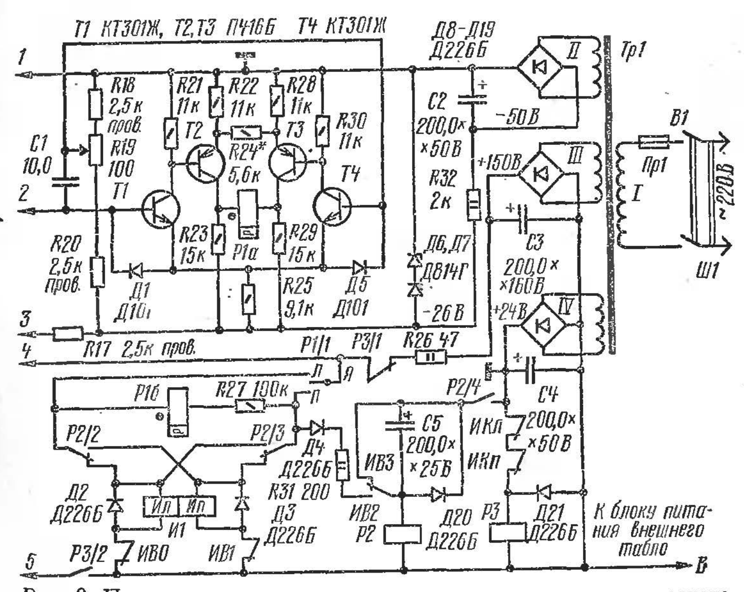


Рис. 2. Принципиальная схема электронного автоматического термометра

вано стабилитронами *Д6* и *Д7*. Разбаланс моста Δ_1 на один шаг шагового искателя (10 Ом или 1° С) составляет 52 мВ, снимаемых с эквивалентного выходного сопротивления моста $R_{\text{вых}}$, равного 2500 Ом.

Пороговое реле представляет собой дифференциальный усилитель постоянного тока (УПТ) на транзисторах *T1—T4*, нагруженный на обмотку *а* поляризованного реле *P1* (на принципиальной схеме обмотки реле *P1* изображены раздельно и обозначены соответственно буквами *а* и *б*). Его коэффициент усиления $K_{\text{УПТ}}$ определяется разбалансом Δ_1 и порогом срабатывания поляризованного реле. Напряжение срабатывания реле *P1* составляет 1,5 В, поэтому коэффициент усиления УПТ равен

$$K_{\text{УПТ}} = \frac{U_{\text{ср}}}{\Delta_1} = \frac{1{,}5\text{В}}{52\text{мВ}} = 30.$$

Для уменьшения влияния наводок и помех при коммутации эталонных сопротивлений вход усилителя зашунтирован конденсатором *C1*. Резистор *R24*, номинал сопротивления которого подбирают, служит для подстройки коэффициента усиления УПТ.

При разбалансе моста, превышающем величину $\Delta_1 = 52$ мВ, в зависимости от его знака, замыкается один из контактов реле *P1*. Его контакты *л* (левый) и *п* (правый) управляют работой блока движения.

Блок движения управляет коммутатором. При срабатывании поляризованного реле *P1* замыкается цепь питания одной из обмоток шагового искателя *И1* (левая или правая, в зависимости от знака разбаланса). Шаговый искатель срабатывает и своими блок-контактами *ИКл* и *ИКп* разрывает цепь питания стробирующего реле *P3*. При этом оно отпускает и контактами *P3/1* обесточивает обмотки шагового искателя. При отпускании шагового искателя его подвижные контакты переходят в следующее положение, замыкаются блок-контакты *ИКл* и *ИКп* и реле *P3* срабатывает. Если контакт реле *P1* остается замкнутым, то цикл движения повторяется до тех пор, пока мост не будет сбалансирован и реле *P1* не отпустит.

Самоблокировка по цепи *R27*, обмотка *б* поляризованного реле *P1*, обеспечивает надежное срабатывание поляризованного реле без дребезга и искрения. Величина сопротивления между точками *X* и *Y* увеличивается при

движении шагового искателя «влево» (контакт *Р1/1* в левом положении) и уменьшается при движении «вправо» (контакт *Р1/1* в правом положении).

При включении термометра в сеть обмотка реле знака *Р2* обесточена, что соответствует измерению отрицательных температур.

Если измеряемая температура отрицательна, то балансировка моста измерительного устройства будет достигнута без переключения реле знака *Р2.* Если же измеряемая температура больше нуля (или, увеличиваясь, переходит через 0° С), то шаговый искатель дойдет до ламели, соответствующей 0° С. В этом положении шагового искателя переключаются его блок-контакты *ИВ1, ИВ2, ИВ3.* Нормально замкнутый контакт *ИВ1* в цепи обмотки *п* шагового искателя *И1* блокирует дальнейшее движение искателя «вправо», а переключающие контакты *ИВ2, ИВ3* подготавливают устройство к включению реле знака *Р2.*

Если величина дисбаланса моста превысит напряжение срабатывания порогового реле и этот дисбаланс будет соответствовать положительным приращениям температуры, то сработает реле знака, которое переключит магазин сопротивлений *R2—R14* из верхнего плеча измерительного устройства в нижнее и осуществит реверс блока движения. Такая коммутация необходима для сохранения знака обратной связи при измерении положительной температуры.

После срабатывания реле знака *Р2* под напряжением оказывается левая обмотка шагового искателя и контакты искателя движутся влево. Нормально замкнутый контакт концевого выключателя *ИВ1* размыкается. Чтобы не произошло отпускание реле знака, нормально замкнутый контакт *ИВ3* концевого выключателя зашунтирован конденсатором *С5.* Зарядный ток этого конденсатора удерживает якорь реле знака в течение времени, необходимого для переключения контактов шагового искателя, после чего реле знака самоблокируется через контакты *ИВ3* и *Р2/4.* При переходе от положительных значений температуры к отрицательным, в положении 0° С, нормально замкнутый контакт концевого выключателя *ИВ3* размыкается и обмотка реле знака обесточивается.

Настольное табло выполнено на индикаторных лампах *Л1* и *Л2* типа ИН-2. Цепочки, состоящие из диодов

Д22—Д36 и резисторов *R33—R47* соответственно, служат для того, чтобы исключить одновременное свечение нескольких катодов индикаторной лампы, которое возникает из-за их шунтирования внутренними сопротивлениями светового табло на лампах накаливания.

Блок питания содержит три двухполупериодных выпрямителя с выходными напряжениями 150, 24 и 50 В. Для питания шагового искателя и настольного табло используется напряжение 150 В. Реле знака *Р2* и реле *Р3* питаются от выпрямителя с выходным напряжением 24 В. Стабилизированное напряжение 26 В, снимаемое с двух соединенных последовательно стабилитронов *Д6* и *Д7*, предназначено для питания усилителя постоянного тока и измерительного моста.

Внешнее световое табло на лампах накаливания (рис. 3) позволяет набирать цифры от 0 до 9 на поле размерами 5×7 элементов. Элементы, загорающиеся одновременно, объединены в группы таким образом, чтобы сила тока каждой группы не превышала допустимую величину для диодов, используемых в дешифраторе. Если эти диоды типа Д226Б, то табло можно выполнить на лампах накаливания, рассчитанных на напряжение 220 В, мощностью 15—25 Вт.

В связи с тем что дешифратор внешнего табло рассчитан на работу от источника постоянного напряжения, питание его ламп накаливания осуществляется от двухполупериодного выпрямителя, схема которого показана на рис. 4. Мощность трансформатора питания и диоды выпрямительного моста выбирают исходя из напряжения питания ламп и максимальной силы тока, потребляемой лампами табло. Ориентировочно мощность трансформатора может быть 150 Вт, диоды — типа Д242А. Общая сила тока, потребляемого лампами каждой из цифр десятков и единиц, не должна превышать 4 А.

Электронный термометр собирают на гетинаксовой плате размерами примерно 160×160 мм. На стойках к плате крепят переднюю панель, на которой можно установить разъемы для подключения табло и датчика, предохранитель, выключатель питания, переменный резистор *R19* и индикаторную лампу. Резисторы *R11—R14*, *R17*, *R18* и *R20* измерительного моста изготавливают из манганинового или константанового провода. Разброс

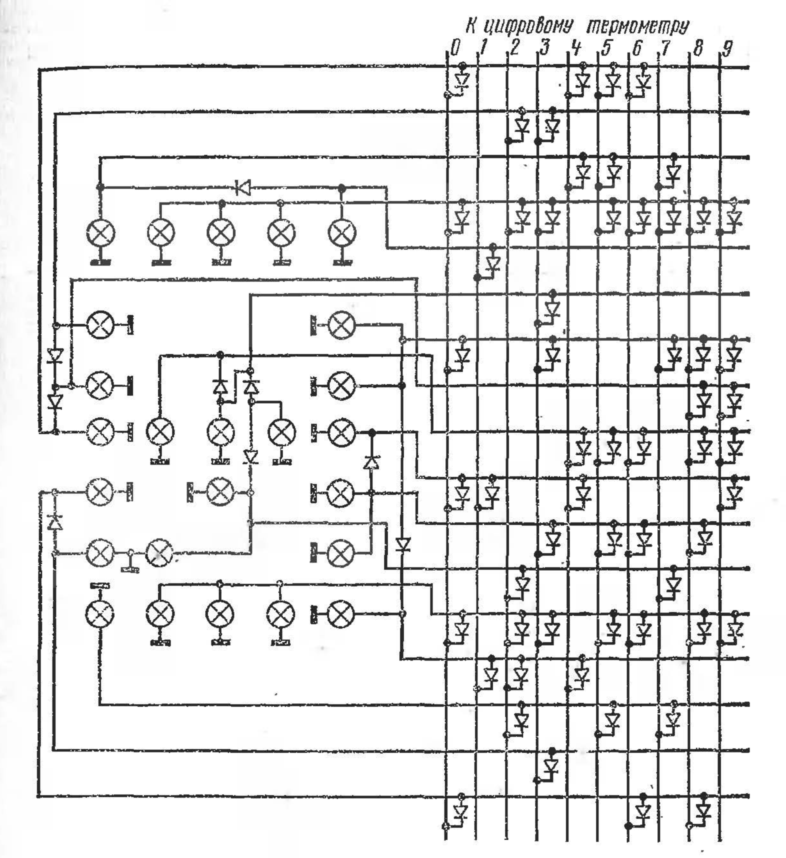


Рис. 3. Схема внешнего светового табло

сопротивлений этих резисторов не должен превышать ±1%.

Резисторы *R2—R10* также проволочные. Общее сопротивление этих резисторов должно быть равно 90 Ом ±1%.

Конструкция датчика *R1* показана на рис. 5. На каркасе диаметром 70 мм наматывают 1300 витков провода ПЭВ-2 0,05 и при температуре окружающей среды 20° С подгоняют его сопротивление до 2500 Ом ($R_{\theta=20°C}$ = 2500 Ом). Затем обмотку снимают с каркаса

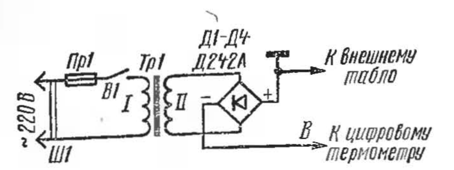


Рис. 4. Схема блока питания внешнего светового табло

и связывают в жгут вместе с двумя отрезками изолированного провода марки МШВ. Выводы обмотки припаивают к зачищенным концам отрезков проводов, а противоположные концы этих проводов — к коаксиальному кабелю типа РК-50 или РК-75. Далее датчик проваривают в расплавленном парафине и вставляют в медную трубку, запаянную с одной стороны и наполненную расплавленным парафином.

Для повышения прочности датчика на него следует надеть поливинилхлоридную трубку и закрепить ее нитками на датчике и на кабеле. Снаружи датчик и прилегающую к нему часть кабеля желательно покрыть слоем солидола, что улучшит его гидроизоляцию.

Реле *Р1* — поляризованное, типа РПС=11/5 (паспорт РВ4.520.027), реле *Р2* и *Р3* — типа МКУ на напряжение 24 В (паспорт РА4.500.136), реверсивный шаговый искатель *И1* типа РШИ-50/4.

Коэффициент передачи тока транзисторов *Т1* и *Т4* (КТ301Ж) 100—200, транзисторов *Т2* и *Т3* (П416А) — в пределах 30—40.

Трансформатор *Тр1* блока питания термометра и индикаторных ламп настольного табло выполнен на магнитопроводе УШ20×30; первичная обмотка, рассчитанная на напряжение сети 220 В, содержит 2200 витков

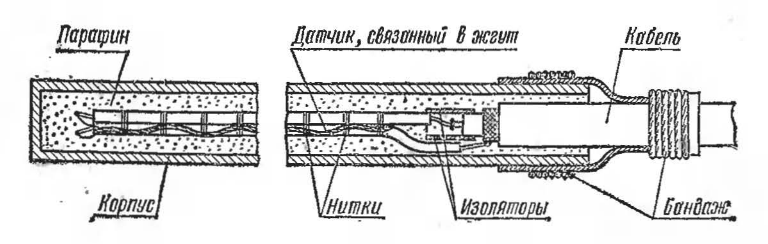


Рис. 5. Конструкция датчика

провода ПЭВ-1 0,17, обмотка *II* — 350 витков такого же провода, обмотка *III* — 1100 витков провода ПЭВ-1 0,26, обмотка *IV* — 190 витков провода ПЭВ-1 0,33.

Данные трансформатора *Тр1* блока питания внешнего табло, рассчитанного на лампы накаливания типа МН26-12-1: магнитопровод — Ш30×60, обмотка *I* — 1000 витков провода ПЭВ-1 0,7, обмотка *II* — 90 витков провода ПЭВ-1 1,7.

Налаживание рекомендуется начинать с опробования работы блока движения. Для этого вручную переключают контакт реле *Р1* и наблюдают за движением щеток шагового искателя. При переключении контакта реле *Р1* направление движения должно изменяться на противоположное. При нейтральном положении этого контакта щетки шагового искателя должны останавливаться. При переходе через 0 должно изменяться состояние реле знака *Р2* и направление движения щеток шагового искателя.

Затем проверяют чувствительность усилителя постоянного тока. Для этого к выходу усилителя вместо обмотки *а* реле *Р1* подключают эквивалентное сопротивление нагрузки (5 кОм) и изменяют сопротивление датчика *(R1)* на 10 Ом, при этом напряжение дисбаланса на выходе усилителя должно быть около 1 В. Необходимую чувствительность усилителя можно установить подбором резистора *R24*. Далее отключают эквивалент нагрузки и подключают обмотку *а* поляризованного реле *Р1* к выходу усилителя и опробывают работу системы. Если щетки шагового искателя начинают двигаться, но не останавливаются при изменении сопротивления датчика на 20—30 Ом, это укажет на необходимость поменять местами концы этой обмотки поляризованного реле. В том же случае, если при изменении сопротивления датчика на 20—30 Ом щетки искателя не двигаются, а поляризованное реле издает характерный жужжащий звук, следует поменять местами концы обмотки *б* блокировки поляризованного реле и убедиться в отсутствии дребезга и искрения между его контактами.

Показание температуры на табло, соответствующее образцовому ртутному или спиртовому термометру, устанавливают переменным резистором *R19*. Для градуировки желательно использовать лабораторный термометр с погрешностью не более 5,0° С.

Датчик автоматического термометра следует устанавливать в затененном месте, на расстоянии 0,5—1,0 м от стены. Для проверки правильности установки датчика надо в течение нескольких дней сверять показания термометра с образцовым.

Автоматический термометр рассчитан на длительную непрерывную работу, поэтому следует избегать его выключений.

П. ПАЗИНИЧ

Счетная декада с цифровой индикацией

За последнее время в радиотехнической литературе все чаще появляются описания счетных декад, составляющих основу любого цифрового устройства, работающего с газоразрядными индикаторами типа ИН. Наибольшей же популярностью у радиолюбителей пользуются декады, отличающиеся не только высокими техническими параметрами, надежностью работы, малыми габаритами, но и возможно меньшим числом используемых в них деталей, особенно транзисторов, определяющих в основном стоимость всего устройства.

Предлагаемая декада пригодна для работы с большей частью одно- и двуханодных газоразрядных индикаторов и требует для ее выполнения всего 7 транзисторов и сравнительно небольшое число диодов.

Декада (рис. 1) состоит из кольцевого делителя с коэффициентом деления, равным 5, выполненного на транзисторах *Т1—Т5*, симметричного триггера со счетным входом на транзисторах *Т6, Т7* (обведен штрих-пунктирными линиями) и дешифратора на диодах *Д1—Д10* и резисторах *R1—R10*. К особенностям декады следует отнести использование элементов дешифратора в качестве коллекторных нагрузок транзисторов кольцевого делителя и триггера одновременно.

Запуск декады осуществляется импульсами положительной полярности, поступающими со входа непосредственно на диоды *Д36—Д40* кольцевого делителя. При поступлении серии из пяти импульсов на выходе делителя (коллектор транзистора *Т5*) появляется отрицательный перепад напряжения, запускающий триггер. Общий коэффициент пересчета декады равен 10.

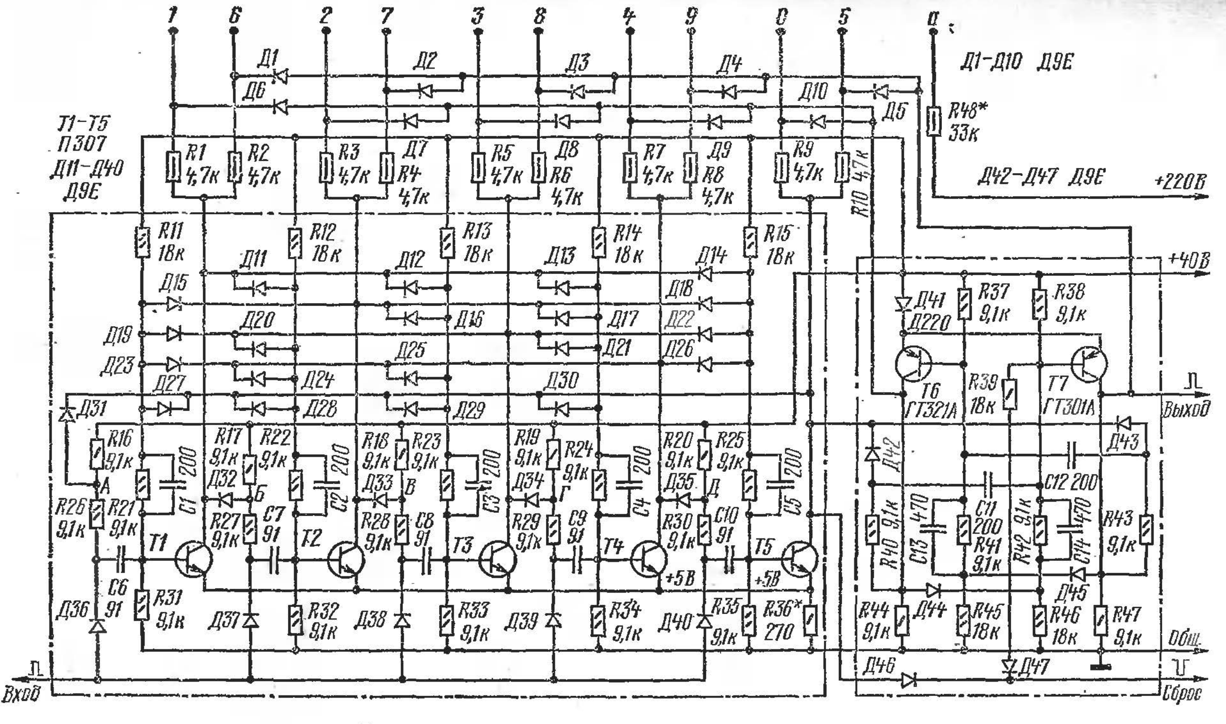


Рис. 1. Принципиальная схема счетной декады

Кольцевой делитель построен так, что открывание одного из пяти его транзисторов приводит к закрыванию четырех остальных. При поступлении входных импульсов поочередно последовательно открываются транзисторы *Т1, Т2, Т3, Т4, Т5* и снова *Т1, Т2* и т. д., т. е. открывание транзисторов идет по замкнутому кольцу.

При подаче на кольцевой делитель питающего напряжения +40 В открывается один из транзисторов *Т1—Т5*. Исходное состояние делителя, соответствующее состоянию декады «0», устанавливается нажатием кнопки *«Сброс»*. При этом отрицательный сигнал с транзистора *Т5* открывает диоды *Д27—Д30* и создает нулевой потенциал на базах транзисторов *Т1—Т4*, что способствует их закрыванию. Диоды *Д14, Д18, Д22* и *Д26* оказываются закрытыми и не шунтируют делитель *R15, R25* и *R35*. В результате транзистор *Т5* открыт. Его эмиттерный ток, создавая падение напряжения на резисторе *R36* (примерно +5 В), еще надежнее закрывает транзисторы *Т1—Т4*. В исходном состоянии потенциал точки *А*, определяемый потенциалом коллектора транзистора *Т5*, составляет примерно +5 В, а потенциалы точек *Б, В, Г* и *Д*, определяемые потенциалами коллекторов закрытых транзисторов *Т1—Т4*, составляют примерно +40 В. Потенциалы точек *А, Б, В, Г* и *Д* определяют потенциалы катодов диодов *Д36—Д40*. Таким образом, при подаче на вход положительного импульса с амплитудой, большей 5 В, но меньшей 40 В, откроется только диод *Д36* и пропустит положительный импульс на базу транзистора *Т1*, что вызовет его открывание. При этом нижнее (по схеме) плечо делителя *R15, R25, R35* будет зашунтировано через открывшийся диод *Д14*, что приведет к закрыванию транзистора *Т5*. Состояние транзисторов *Т2—Т4* не изменится. Потенциал точки *А* станет равным +40 В, точки *Б* — +5 В. Потенциалы точек *В, Г* и *Д* не изменятся (+40 В). Таким образом, при поступлении следующего счетного импульса откроются уже диод *Д37* и транзистор *Т2* и так далее.

При поступлении пятого импульса, когда вновь открывается транзистор *Т5*, кольцевой делитель принимает исходное состояние.

Работу кольцевого делителя иллюстрируют графики, приведенные на рис. 2.

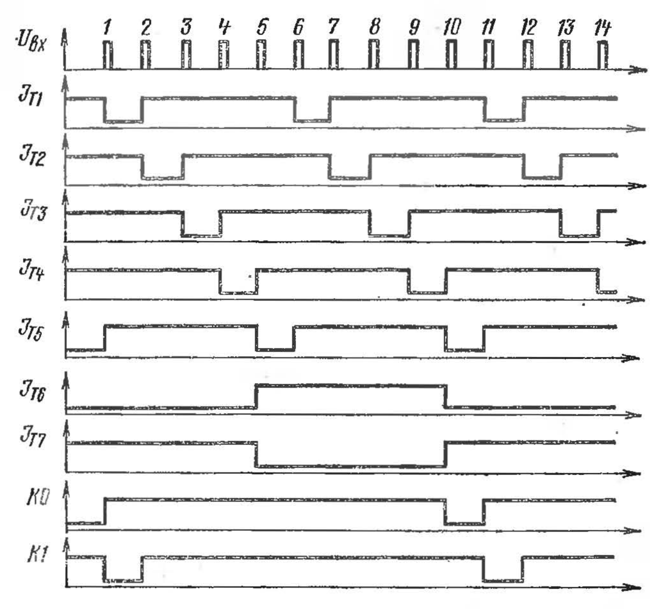


Рис. 2. Графики, иллюстрирующие работу счетной декады

Загореться смогут только цифры индикаторной лампы, катоды которой подключены к коллектору открытого транзистора кольцевого делителя. В исходном состоянии, при открытом транзисторе *T5*, это цифра 0 или 5, так как только к ним может быть приложено наибольшее напряжение, достаточное для зажигания. Выбор цифры обеспечивается состоянием триггера на транзисторах *T6* и *T7*. В исходном состоянии транзистор *T6* закрыт, а *T7* открыт. Потенциалы катодов лампы, высвечивающих цифры 5, 6, 7, 8 и 9, подключенных к коллектору открытого транзистора *T7*, не могут быть меньше +40 В, независимо от состояния транзисторов *T1—T5*. В результате напряжение, приложенное к электродам индикаторов, недостаточно для зажигания. Таким образом, указанные цифры (5, 6, 7, 8 и 9) не горят. Потенциалы катодов, высвечивающих цифры 0, 1, 2, 3 и 4, подключенных к коллектору закрытого транзистора *T6*, определяются состояниями транзисторов *T1—T5*. Катоды лампы, подключенные к коллекторам закрытых

транзисторов (в исходном состоянии — транзисторы *Т1—Т4*), находятся под высоким потенциалом, и цифры 1, 2, 3 и 4 не горят. Катод лампы, высвечивающей цифру 0, подключен к коллектору открытого транзистора *Т5* и находится под потенциалом примерно +5 В. В результате напряжение, приложенное к электродам лампы, высвечивающей 0, достаточно для ее зажигания. После опрокидывания триггера подачей на его счетный вход (катоды диодов *Д42* и *Д43*) отрицательного импульса с транзистора *Т5* загореться сможет одна из цифр 5, 6, 7, 8 или 9. Цифры 0, 1, 2, 3, 4 гореть не будут. Установка исходного состояния триггера осуществляется подачей отрицательного потенциала на базу транзистора *Т7* через диод *Д47*.

После зажигания индикатора текущий через него ток создаст на резисторе дешифратора падение напряжения, равное произведению силы тока лампы на сопротивление резистора, которое несколько повышает напряжение катода. Однако это напряжение при силе тока 1—2 мА, что вполне достаточно для многих ламп, является незначительным. Но разность напряжений между зажженным и незажженными катодами будет не менее 30 В, что достаточно для нормальной работы индикатора.

При указанных на схеме номиналах резисторов и конденсаторов и применении транзисторов П307 частота входных импульсов может быть не менее 150 кГц. С транзисторами КТ315 в кольцевом делителе максимальная частота пересчета будет значительно выше. Транзисторы триггера могут быть серий ГТ321 или МП21 с любым буквенным индексом. Допустимое обратное напряжение диодов *Д1—Д40* должно быть не менее 40 В. Диод *Д41* — любой кремниевый. Конденсаторы — малогабаритные керамические, причем значительно увеличивать емкости конденсаторов *С6—С10* не рекомендуется.

Индикатором может быть цифровая лампа типа ИН-1, ИН-16, ИН-17 и др.

Счетную декаду можно смонтировать на двух печатных платах размерами 90×45 мм. На одной из них монтируют элементы кольцевого счетчика, на другой — триггера и дешифратора. Платы на расстоянии 30 мм одна от другой закрепляют с двух сторон несущей рам-

кой деталями внутрь. Спереди несущей рамки размещают индикаторную лампу, сзади — соединительный разъем. Силу тока лампы, равную 0,5—1,0 мА, устанавливают подбором резистора *R48*. Запуск декады производят импульсами с амплитудой 25—30 В.

Налаживание декады заключается в подборе резистора *R36*, добиваясь падения напряжения на нем 5—6 В. Его сопротивление должно быть таким, при котором декада работает устойчиво при изменении напряжения питания от 30 до 50 В. Четкость работы проверяют при подключенной индикаторной лампе подачей на вход декады одиночных импульсов амплитудой 25—30 В. При этом поочередно должны индицироваться цифры от 0 до 9. С помощью осциллографа можно проверить устойчивость работы и коэффициент деления на высоких частотах следования импульсов, подаваемых на вход декады от генератора импульсов или смонтированного мультивибратора.

В. КОШЕВ

Зарядно-разрядное устройство для аккумуляторных батарей

Устройство предназначено для зарядки и подзарядки автомобильных аккумуляторных батарей, а также для контрольно-тренировочных циклов, которые рекомендуется проводить один-два раза в год с целью проверки работоспособности, обнаружения неисправностей и предупреждения сульфатации батарей, находящихся в эксплуатации или на хранении.

Принципиальная схема устройства показана на рис. 1. Оно позволяет производить зарядку аккумуляторных батарей в двух режимах (2,5 и 5 А), обеспечивая автоматическое отключение от питающей сети по достижении полной зарядки, а также автоматическое отключение разрядной нагрузки при падении напряжения батареи до 10,2—10,5 В, что защищает ее от глубокого разряда. В основу работы зарядно-разрядного устройства положен принцип, описанный В. Васильевым («Радио», 1976, № 3, с. 46).

При подключении аккумуляторной батареи к зажимам «+» и «—», установке переключателя *В4* в положение *«Заряд.»* и замыкании контактов выключателя *В1 «Сеть»* тиристор *Д4* начинает открываться в моменты времени, близкие к началу каждого положительного полупериода напряжения на верхней (по схеме) половине вторичной обмотки трансформатора питания *Тр1*. Начинается зарядка батареи током, выпрямленным тиристором.

Одновременно открывается транзистор *Т1*, срабатывает электромагнитное реле *Р1* и его контакты *Р1/1*, за-

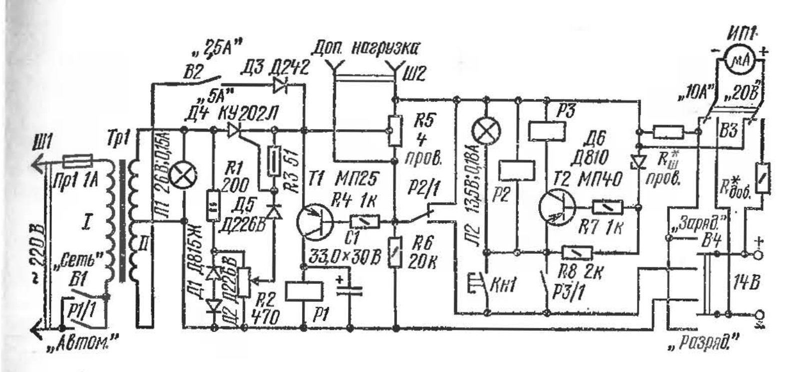


Рис. 1. Принципиальная схема зарядно-разрядного устройства

мыкаясь, шунтируют выключатель *В1*, который теперь переводят в положение *«Автом.»*.

По мере зарядки батареи напряжение на ней увеличивается, поэтому открывание тиристора *Д4* будет происходить позже — в моменты, близкие к середине полупериода. Закрывается тиристор в конце положительного полупериода, когда напряжение вторичной обмотки трансформатора питания становится меньше напряжения заряжающейся батареи. При напряжении батареи, соответствующем полному заряду (приблизительно 14 В), сила тока заряда уменьшается настолько, что отрицательное напряжение на делителе, образованном резисторами *R5* и *R6*, становится недостаточным для поддержания транзистора *Т1* в открытом состоянии. Транзистор при этом закрывается, реле *Р1* отпускает, а его контакты *Р1/1*, размыкаясь, отключают устройство от сети.

Перед длительным хранением рекомендуется сообщить аккумуляторной батарее дополнительный заряд. Для этого ее подключают к зарядному устройству, выключателем *В1* включают питание и оставляют в положении *«Сеть»* в течение 1—2 ч. Перезаряд происходит малым током, что совершенно безопасно для аккумуляторной батареи.

Диод *Д3*, выключатель *В2* и нижняя (по схеме) половина вторичной обмотки трансформатора питания используются для увеличения силы зарядного тока в

начальный период, если требуется ускорить зарядку батареи.

Резистор *R1*, стабилитрон *Д1*, выпрямительный диод *Д2* и переменный резистор *R2* образуют цепь, создающую образцовое напряжение, с которым сравнивается напряжение аккумуляторной батареи: при $U_{обр} > U_{бат}$ тиристор открыт и через него идет ток, при $U_{бат} \geqslant U_{обр}$ тиристор не включается. Диод *Д2* защищает стабилитрон *Д1* от пробоя отрицательной полуволной переменного напряжения. Резистором *R2* устанавливают то напряжение аккумуляторной батареи, при котором устройство должно отключиться от сети.

Конденсатор *C1* сглаживает пульсации тока в обмотке реле *Р1*. Резистор *R4* ограничивает силу тока базы транзистора *Т1*.

Для нормальной работы устройства необходимо, чтобы на каждой половине вторичной обмотки трансформатора питания *Тр1* под нагрузкой было напряжение 20 В.

Для разрядки аккумуляторной батареи переключатель *В4* ставят в положение *«Разряд.»* и кратковременно нажимают кнопку *Кн1*. При этом срабатывает реле *Р2* и его контакты *Р2/1*, переключаясь, подключают к батарее нагрузочный резистор *R5*. Одновременно открывается транзистор *Т2*, срабатывает реле *Р3* и его контакты *Р3/1* шунтируют кнопку *Кн1*.

Транзистор *Т2*, стабилитрон *Д6* и резисторы *R7, R8* образуют каскад автоматического отключения от батареи разрядной нагрузки *R5* при падении напряжения на ней до 10,2—10,5 В. Как только оно окажется равным напряжению стабилизации стабилитрона, транзистор закроется, реле *Р3* отпустит, контакты *Р3/1* разорвут цепь питания обмотки реле *Р2* и его контакты *Р2/1* отключат от батареи резистор *R5*.

Для ускорения разрядки батареи к разъему *Ш2* можно подключить добавочный проволочный нагрузочный резистор или автомобильную лампу соответствующей мощности.

Для измерения силы зарядного и разрядного токов, а также напряжения батареи, подключенной к описываемому устройству, используется измерительный прибор *ИП1* (микро- или миллиамперметр на силу тока полного отклонения стрелки до 1 мА). Переключатель *В3* при этом соответственно ставят в положение «10 А» или

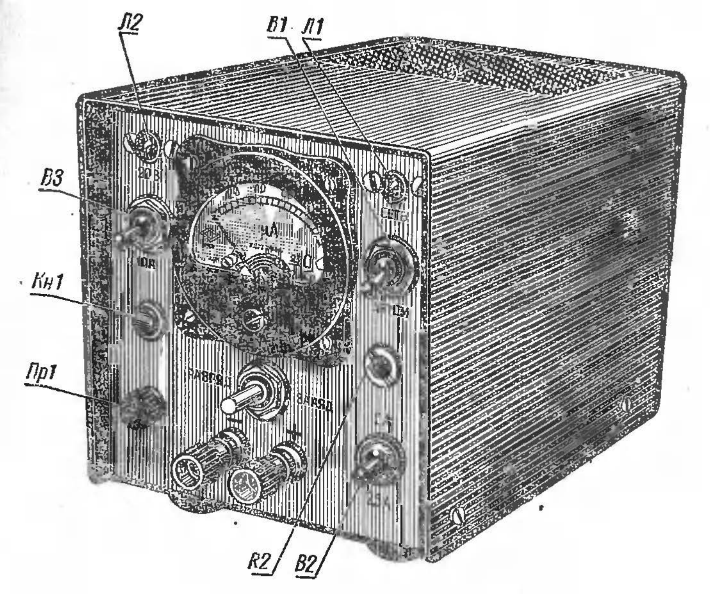


Рис. 2. Внешний вид зарядно-разрядного устройства

«20 В». Сопротивление шунтирующего резистора $R_{ш}$ и добавочного резистора $R_{доб}$ подбирают опытным путем так, чтобы полное отклонение стрелки соответствовало силе тока 10 А и напряжению 20 В.

Лампа накаливания *Л1* служит индикатором подключения устройства к сети, лампа *Л2* — индикатором разрядки аккумуляторной батареи.

Внешний вид описанного зарядно-разрядного устройства показан на рис. 2. Оно собрано в корпусе размерами 120×120×200 мм из листового дюралюминия. Монтаж произвольный. Трансформатор питания *Тр1* выполнен на магнитопроводе УШ30×45; первичная обмотка, рассчитанная на напряжение сети 220 В, содержит 550+ +20+20 витков провода ПЭВ-1 0,69, вторичная — 120 витков провода ПЭВ-1 1,62 с отводом от середины. Электромагнитные реле *Р1* и *Р3* типа РЭС-10 (паспорта РС4.524.305 и РС4.522.302 соответственно). Их контактные пружины несколько ослаблены. Роль реле *Р2* выполняют два реле типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.200),

обмотки и группы контактов которых соединены параллельно. Данные других деталей указаны на принципиальной схеме.

Устройство, смонтированное из заведомо исправных деталей, налаживания не требует.

П. АЛЕКСЕЕВ

О конструировании и настройке тиристорной системы зажигания

Тиристорная система зажигания в двигателе автомобиля завоевала столь большую популярность, что сегодня практически нет автолюбителей, не проявляющих к ней интереса.

В этой статье сделана попытка коротко рассмотреть некоторые вопросы, связанные с выбором схемы и подбором деталей, и поделиться опытом конструирования и настройки любительского блока тиристорной системы зажигания с помощью контрольно-измерительных приборов.

Принципиальная схема проверенного варианта блока тиристорной системы зажигания изображена на рис. 1. Штрих-пунктирными линиями выделены составные части блока: источник высокого напряжения, накопитель энергии, формирователь пусковых импульсов, коммутатор зажигания *«Электронное — обычное»*.

Источник высокого напряжения, представляющий собой двухтактный транзисторный преобразователь (однотактный может не обеспечить требуемую скорость заряда накопителя энергии), предназначен для преобразования низкого напряжения (12—14 В) аккумуляторной батареи или генератора автомобиля в относительно высокое постоянное напряжение 380—400 В. Выбор такого напряжения не случаен. Дело в том, что энергия в искре запальной свечи двигателя при тиристорной системе зажигания определяется выражением $A = \frac{CU^2}{2}$, из которого следует, что чем больше емкость (C) накопителя энергии и выше напряжение (U), тем больше энергия в искре. Повышение напряжения ограничивается пределом электропрочности изоляции первичной обмотки

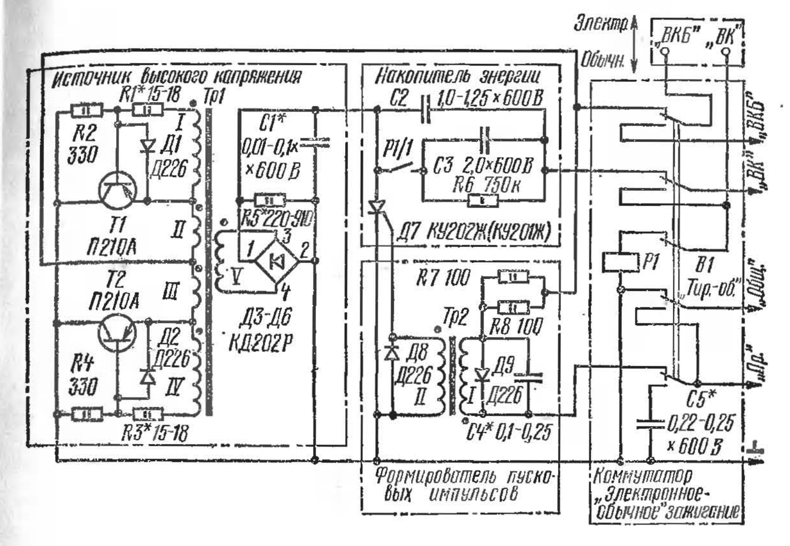


Рис. 1. Принципиальная схема блока тиристорного зажигания

катушки зажигания (400—450 В), а увеличение емкости — временем заряда накопительного конденсатора, которое должно быть меньше длительности межискрового промежутка. Исходя из этого в тиристорной системе зажигания выходное напряжение преобразователя обычно составляет 300—400 В, а емкость накопительного конденсатора равна 1—2 мкФ.

Трансформатор преобразователя напряжения является наиболее трудоемким элементом системы зажигания. В любительских условиях не всегда есть возможность применить трансформаторную сталь, рекомендуемую автором той или иной статьи. Чаще всего используют магнитопроводы с неизвестными характеристиками от разобранных старых трансформаторов, дросселей. Как показал опыт, трансформатор преобразователя напряжения можно выполнить без предварительных расчетов в зависимости от качества трансформаторной стали, но с несколько завышенной мощностью, что только улучшит работу преобразователя.

Данные трансформатора могут быть такими: сечение магнитопровода 3,5—4,5 см^2; обмотки *I* и *IV* — по

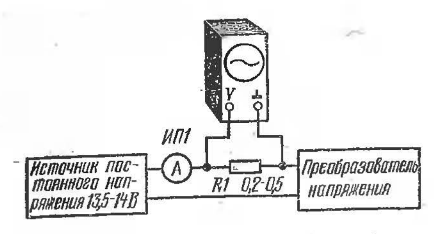


Рис. 2. Схема проверки преобразователя напряжения

9 витков провода ПЭВ-2 0,47—0,53; обмотки *II* и *III* — по 32 витка провода ПЭВ-2 1,0—1,1; обмотка *V* — 830—880 витков провода ПЭЛШО или ПЭВ-2 0,31—0,35.

Между рядами высоковольтной обмотки, а также между обмотками необходимо прокладывать лакоткань или конденсаторную бумагу. Сборку пластин магнитопровода производят плотно и без зазоров (наличие стыковочных зазоров резко снижает качество трансформатора).

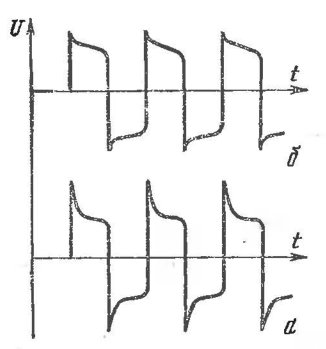


Рис. 3. Эпюры выходного напряжения преобразователя

После сборки всего преобразователя с выпрямителем на диодах *Д3—Д6* в виде одного узла следует произвести его проверку по следующим параметрам: сила потребляемого тока холостого хода, величина постоянного напряжения на выходе преобразователя, форма кривой напряжения на выходной обмотке *V*, частота тока преобразователя.

Проверку производят по схеме, приведенной на рис. 2. При правильном включении обмоток *I, II, III* и *IV* преобразователь напряжения должен сразу же заработать (слышен слабый звук, создаваемый магнитопроводом трансформатора). Потребляемая преобразователем напряжения сила тока, измеренная амперметром *ИП1*, должна быть в пределах 0,6—0,8 А (зависит от сечения и марки стали магнитопровода трансформатора).

Выключив питание, резистор *R1* (см. рис. 2) удаляют, вход «Y» осциллографа переключают к точкам *3* и *4*

(см. рис. 1) выпрямительного моста, а к точкам *1* и *2* подключают конденсатор емкостью 0,25—1,0 мкФ на номинальное напряжение 600 В и параллельно ему вольтметр постоянного тока со шкалой 0—600 В. Подав вновь питание на преобразователь, измеряют постоянное напряжение на выходе выпрямителя. На холостом ходу оно может достигать 480—550 В (зависит от числа витков обмотки *V*). Подбирая резистор *R5* (начиная с бо́льшего номинала), добиваются снижения этого напряжения до 370—420 В. Одновременно на экране осциллографа наблюдают за формой кривой выходного напряжения преобразователя. На холостом ходу она должна соответствовать рис. 3, *а* (выбросы фронтов могут достигать 25—30% от амплитуды вторичного напряжения), а при подключенном резисторе *R5* — кривой, показанной на рис. 3, *б* (выбросы фронтов снижаются до 10—15%). Далее с помощью осциллографа измеряют частоту работы преобразователя — она может быть в пределах 300—800 Гц (более высокая частота, которая может быть при недостаточно тщательной сборке магнитопровода трансформатора, нежелательна, так как ведет к повышенному нагреву трансформатора).

На этом проверку работы преобразователя напряжения заканчивают.

Диоды *Д1* и *Д2* ограничивают на уровне 0,6—0,8 В напряжения, закрывающие транзисторы, и тем самым предохраняют эмиттерные переходы от пробоя, а также способствуют уменьшению амплитуды выбросов фронтов вторичного напряжения.

В преобразователе напряжения хорошо работают транзисторы типа П210А, П209, П217 и другие аналогичные им с коэффициентом передачи тока не менее 12—15. Обязательным условием является подбор пары транзисторов с одинаковым коэффициентом передачи тока.

В выпрямителе *(Д3—Д6)* можно использовать любые кремниевые диоды с $U_{обр} \geqslant 500—600$ В и $I_{пр} \geqslant 1$ А.

Накопитель энергии представляет собой конденсатор емкостью 1—2 мкФ, заряжающийся от выпрямителя преобразователя до напряжения 400—300 В и разряжающийся в момент искрообразования через открывающийся тиристор *Д7* и первичную обмотку катушки зажигания. В рассматриваемой системе зажигания роль накопи-

теля энергии выполняет конденсатор *С2*. Можно использовать любые бумажные конденсаторы (МБГП, МБГО и др.) с номинальным напряжением 500—600 В. Желательно отобрать конденсатор, емкость которого несколько больше номинальной, что положительно скажется на энергии в искре (особенно при напряжении выпрямителя меньше 380 В).

В тиристорной системе зажигания, собранной по схеме, изображенной на рис. 1, кроме основного накопителя энергии (конденсатор *С2*) предусмотрен «пусковой» конденсатор *С3*, подключаемый параллельно конденсатору *С2* с помощью контактов реле *Р1* (напряжение срабатывания реле 6—8 В), которое срабатывает от напряжения, поступающего на зажим *«ВК»* во время пуска двигателя стартером. Это сделано с целью повышения энергии в искре за счет увеличения емкости накопителя при снижении напряжения аккумуляторной батареи до 7—9 В.

Напряжение включения тиристора, используемого в системе зажигания, должно быть не менее 500 В, а сила тока утечки при рабочем напряжении 400 В не должна превышать 1 мА. К сожалению, напряжение включения тиристоров даже одной партии может значительно отличаться, поэтому весьма желательно произвести проверку тиристора на напряжение включения и ток утечки.

Формирователь пусковых импульсов в тиристорной системе зажигания выполняет самую ответственную функцию: формирует импульсы определенной формы, длительности и амплитуды и подает их на управляющий электрод тиристора точно в момент размыкания контактов прерывателя. Можно считать, что качественные показатели блока тиристорного зажигания определяются тем, насколько совершенен формирователь пусковых импульсов. Он, кроме того, должен обладать высокой помехоустойчивостью ко всякого рода всплескам и перепадам напряжения бортовой сети автомобиля и быть неприхотливым к качеству работы прерывателя и, в первую очередь, дребезгу его контактов. Наилучшие показатели с этой точки зрения обеспечивает трансформаторный формирователь пусковых импульсов. Он состоит из импульсного трансформатора *Тр2*, диодов *Д8* и *Д9*, конденсатора *С4* и резисторов *R7*, *R8*. Когда контакты прерывателя замкнуты, ток, текущий через резисторы

R7, *R8* и первичную обмотку трансформатора, создает запас энергии в обмотках трансформатора, обеспечивающий появление импульса положительной полярности во вторичной обмотке в момент размыкания контактов прерывателя. Этот импульс поступает непосредственно на управляющий электрод тиристора *Д7*, открывает его и тем самым обеспечивает разряд конденсатора *С2* через катушку зажигания.

Для исключения ложных пусковых импульсов, возникающих в момент дребезга контактов прерывателя, первичную обмотку трансформатора шунтируют параллельно соединенные диод *Д9* и конденсатор *С4*. Емкость этого конденсатора, зависящую от данных импульсного трансформатора, подбирают опытным путем. Диод *Д8* ограничивает на уровне 0,6—0,8 В отрицательный импульс на обмотке *II* трансформатора, возникающий при замыкании контактов прерывателя, предохраняя управляющий переход тиристора от пробоя.

Надежное открывание тиристора обеспечивается импульсом с амплитудой порядка 5—7 В и длительностью 100—200 мкс.

Для импульсного трансформатора можно использовать любой Ш-образный магнитопровод сечением 0,7—1,5 см^2. Сначала желательно испытать опытный вариант трансформатора: на каркас наматывают внавал 80—120 витков провода ПЭВ-0,35—0,5 (обмотка *I*), а поверх них 35—40 витков такого же провода (обмотка *II*). После сборки магнитопровода, не стягивая его, к трансформатору (рис. 4) временно подключают все элементы формирователя пусковых импульсов (*Д8, Д9, С4, R7* и *R8*), управляющий электрод и катод тиристора (анод тиристора остается свободным). В качестве прерывателя в цепь первичной обмотки трансформатора включают контакты *Р1/1* электромагнитного реле *Р1* (типа РЭС-6 или РЭС-22), обмотку которого через гасящий резистор ($R_{гас}$) или понижающий трансформатор подключают к электросети. На контактную группу реле надевают резиновое кольцо для уменьшения дребезга контактов. Такое устройство обеспечивает работу формирователя пусковых импульсов с частотой 100 Гц, соответствующей частоте вращения коленчатого вала четырехцилиндрового двигателя, равной 3000 об/мин. Неминуемый дребезг контактов реле позволяет настроить формирователь пу-

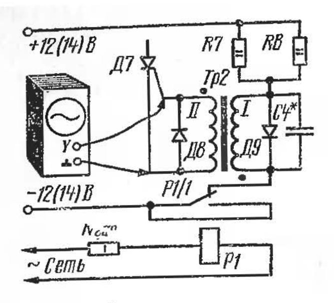


Рис. 4. Схема проверки и настройки формирователя импульсов

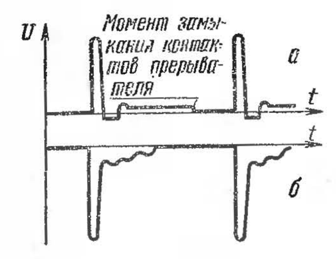


Рис. 5. Эпюры напряжения пускового импульса *(а)* и импульса разряда накопительного конденсатора *(б)*

сковых импульсов на работу в более жестких условиях по сравнению с реальным прерывателем (именно по этой причине не следует использовать поляризованное реле, не дающее дребезга контактов). Включив питание, наблюдают на экране осциллографа кривую напряжения на входе тиристора, которая должна иметь вид, приведенный на рис. 5, *а*, выясняют исходные параметры пускового импульса. Уменьшая или увеличивая число витков вторичной обмотки трансформатора, можно соответственно уменьшить или увеличить амплитуду импульса, а подбором числа витков первичной обмотки и емкости конденсатора *С4* — изменять длительность импульса и его «чистоту» с точки зрения защиты от дребезга контактов прерывателя. Как правило, после двух-трех проб удается подобрать данные деталей так, чтобы импульс имел требуемые длительность и амплитуду, а дребезг контактов прерывателя не сказывался на устойчивости работы и форме кривой напряжения пусковых импульсов. По данным, полученным в результате испытаний, изготавливают рабочий вариант импульсного трансформатора.

Коммутатор зажигания *«электронное — обычное»*, собранный на тумблерах или галетном переключателе, обеспечивает быстрый переход с одного вида зажигания на другой (во избежание вывода из строя блока тиристорного зажигания переключение производят только при отключенном источнике питания). Конденсатор *С5*, подключаемый в режиме обычного зажигания параллельно контактам прерывателя (*«Пр»*), замещает кон-

денсатор, находящийся на корпусе распределителя зажигания (он обязательно должен быть снят или отключен, так как нарушает нормальную работу тиристорной системы зажигания). Выводы проводников, обозначенные *«ВК», «ВКБ», «Общ»* и *«Пр»*, подключают к соответствующим зажимам катушки зажигания и прерывателя, а контакты *«ВКБ»* и *«ВК»*, обведенные штрихпунктирными линиями, служат для подсоединения проводов, ранее соединявшихся с одноименными зажимами катушки зажигания.

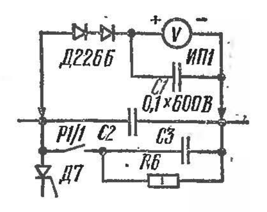


Рис. 6. Схема измерения напряжения на накопителе энергии при работающем блоке тиристорного зажигания

Полностью собранный блок тиристорного зажигания следует подключить к прерывателю и катушке зажигания со свечой (включенной между высоковольтным выводом и минусом источника питания), а затем, подав на него напряжение, проверить по следующим параметрам: сила потребляемого тока, выходное напряжение выпрямителя, амплитуда и длительность пускового импульса, разрядный импульс накопительного конденсатора.

Сила потребляемого тока нагруженного преобразователя, измеренная амперметром, включенным в цепь

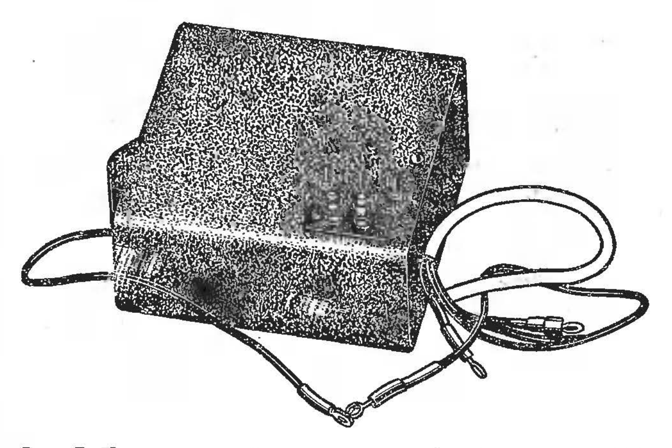


Рис. 7. Конструкция блока тиристорной системы зажигания

питания блока, должна составлять 1,3—1,5 А. Выходное напряжение выпрямителя (на конденсаторе *C2*), измеренное по схеме, приведенной на рис. 6, должно быть равно напряжению холостого хода или меньше его на 5—7% (иногда до 10%).

Амплитуда и длительность пускового импульса, измеренные осциллографом, должны равняться соответственно 5—7 В и 150—250 мкс. В промежутке между импульсами возникают (в момент замыкания контактов) небольшие помехи с малой амплитудой (не более 0,1—0,2 от амплитуды пускового импульса). Если же просматриваются небольшие «зазубрины» (обычно с частотой работы преобразователя), то следует подобрать емкость конденсатора *C1*.

Разрядный импульс накопительного конденсатора *C2*, просматриваемый на экране осциллографа, имеет вид, изображенный на рис. 5, *б*. Заряд конденсатора должен заканчиваться не позже $^2/_3$ промежутка между импульсами (обычно он заканчивается на $^1/_3$—$^1/_2$ промежутка).

Проверенный блок тиристорного зажигания следует оставить в рабочем состоянии на 30—40 мин для контроля за тепловым режимом. За это время трансформатор преобразователя должен нагреваться до температуры, не превышающей 70—80° С (терпит рука), а теплоотводы транзисторов — до 35—45° С.

Конструктивное оформление блока произвольное. Транзисторы преобразователя напряжения крепят на пластинчатых теплоотводах или профилированном дюралюминии толщиной 4—5 мм общей площадью 60—80 см².

Возможная конструкция блока тиристорной системы зажигания, смонтированного в металлическом корпусе размерами 130×130×60 мм, показана на рис. 7. Размещать блок на автомобиле (под капотом) следует так, чтобы его выходные провода *«ВКБ»*, *«ВК»* и *«Общ»* можно было подключить к соответствующим зажимам катушки зажигания (провод, соединяющий зажим *«Общ»* катушки зажигания с прерывателем, удаляют). К контактам *«ВКБ»* и *«ВК»* колодки блока зажигания подключают провода, ранее стоявшие на одноименных зажимах катушки зажигания.

А. ГРЕКОВ

Применение операционных усилителей

В последние годы широкое распространение получили операционные усилители в интегральном исполнении. Они характеризуются большим коэффициентом усиления (около 100 дБ), широкой полосой пропускания (до 15 МГц), высоким входным (сотни мегом) и малым выходным (десятки ом) сопротивлениями.

Параметры наиболее распространенных интегральных операционных усилителей, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в таблице.

На базе операционных усилителей достаточно просто можно сконструировать самые разнообразные узлы радиоэлектронной аппаратуры: усилители, активные фильтры, генераторы, компараторы и т. д. Характеристики этих узлов определяются внешними элементами, подключаемыми к операционному усилителю. В данной статье приведены схемы нескольких устройств, которые радиолюбители могут использовать в конструируемой низкочастотной аппаратуре.

На рис. 1 изображена схема инвертирующего усилителя. В нем фаза выходного сигнала по отношению к фазе входного сигнала сдвинута на 180°. Усилитель охвачен отрицательной обратной связью — с выхода на инвертирующий вход. Коэффициент усиления такого устройства определяется отношением сопротивлений резисторов *R3* и *R1* и равен в данном случае 100. Входное сопротивление усилителя практически равно сопротивлению резистора *R1* (10 кОм).

Таблица

Операционный усилитель	К1УТ401А	К1УТ401Б	К1УТ402А	К1УТ402Б	К1УТ531А	К1УТ531Б	К153УД2
Коэффициент усиления	400—4500	1300—12 000	20 000—200 000	3000—3500	15 000—80 000	10 000—100 000	⩾20 000
Максимальная сила выходного тока, мкА			1,5	1,5	1	2	1,5
Максимальное выходное напряжение, В	±2,8	±5,7	±10	±3	±10	±9	±10
Напряжение смещения, В	±10	±10	±10	±10	±7,5	±7,5	±7,5
Входное напряжение, не более, В	±1,5	—	4	2	±5	±5	—
Разность сил входных токов, мкА	3	3	±0,5	±0,5	0,5	0,6	0,5
Входное сопротивление, не менее, кОм	—	—	—	—	100	100	300
Выходное сопротивление, не более, Ом	—	—	—	—	200	200	—
Напряжение питания, В	±6,3	±12,6	±12,6	±6,3	±15	±15	±15

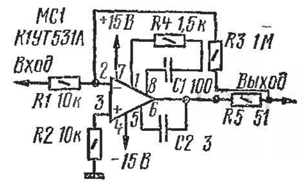


Рис. 1. Схема инвертирующего усилителя

Элементы $C1R4$ и $C2$ служат для коррекции амплитудно-частотной характеристики инвертирующего усилителя и устраняют его самовозбуждение. При использовании элементов, которые указаны на принципиальной схеме, полоса пропускания усилителя ограничена частотой 500 кГц.

На базе инвертирующего усилителя можно построить простейший микшер (рис. 2). Токи, поступающие от микрофона, звукоснимателя, магнитофона или иного источника звуковой информации, не зависят друг от друга, так как напряжение на инвертирующем входе операционного усилителя равно нулю.

На рис. 3 приведена принципиальная схема неинвертирующего усилителя. В отличие от усилителя, принципиальная схема которого приведена на рис. 1, в данном случае сигнал подается на неинвертирующий вход. Фазы входного и выходного сигналов совпадают. Усилитель охвачен отрицательной обратной связью по напряжению. Часть выходного напряжения через резисторный делитель $R4R5$ подается на инвертирующий вход. Коэффициент передачи усилителя равен $1+R4/R5$, т. е. практически такой же, как и у инвертирующего усилителя. Отличительной особенностью неинвертирующего усилителя является его высокое входное сопротивление. Это позволяет использовать такой усилитель в качестве буферного устройства для усиления сигналов от различных датчиков с высоким выходным сопротивлением. Если инвертирующий вход соединить с выходом операционного усилителя, то такое устройство будет выполнять те же функции, что и эмиттерный повторитель. Его входное сопротивление будет велико, а выходное — очень небольшим. При использовании корректирующих элементов, номиналы которых указаны на схеме, полоса пропускания усилителя ограничена частотой 500 кГц.

На рис. 4 изображена принципиальная схема микрофонного усилителя. Питание операционного усилителя — несимметричное, используется один источник напряжением 20 В. Электродинамический микрофон

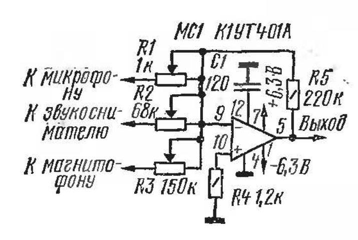


Рис. 2. Схема микшера

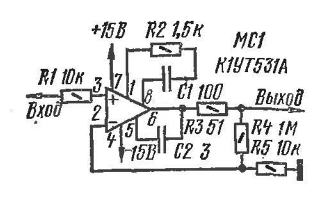


Рис. 3. Схема неинвертирующего усилителя

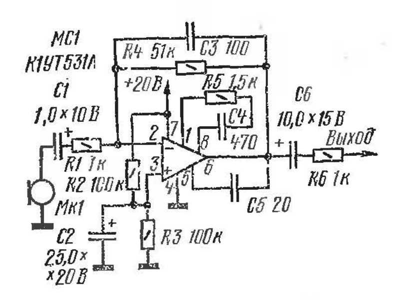


Рис. 4. Схема микрофонного усилителя

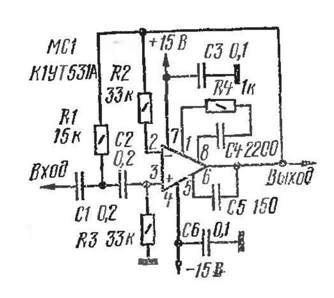


Рис. 5. Схема низкочастотного фильтра

подключен через *RC* цепочку к инвертирующему входу операционного усилителя. Сам усилитель через цепочку *R4C3* охвачен отрицательной частотнозависимой обратной связью. Средняя точка питания, необходимая для нормальной работы интегрального операционного усилителя, образована искусственно. Она получается на неинвертирующем входе, к которому подключен делитель *R2R3*. Полоса усиливаемых частот такого микрофонного усилителя равна 20 Гц — 20 кГц. Коэффициент усиления — около 50.

В современных высококачественных низкочастотных усилителях очень часто используют всевозможные активные фильтры, выполненные на операционных усилителях. Так, для устранения низкочастотного шума, вызываемого, например, работой электродвигателя, на входе усилителя включают низкочастотный фильтр с частотой среза 70—80 Гц. Принципиальная

схема одного из таких фильтров показана на рис. 5. Частота среза его на уровне —3 дБ составляет около 70 Гц, крутизна амплитудно-частотной характеристики за частотой среза — около 12 дБ на октаву.

Для оптимального режима работы фильтра сопротивление резисторов *R2* и *R3* должно быть в два раза больше сопротивления резистора *R1*. Частотная характеристика фильтра определяется элементами *R1, C1* и *C2*. Коэффициент нелинейных искажений данного усилителя на частоте 1 кГц при выходном напряжении 10 В не превышает 0,1%.

Для устранения высокочастотного шума, возникающего, например, при проигрывании старой грампластинки, можно воспользоваться фильтром, схема которого приведена на рис. 6. Частота среза такого фильтра при использовании элементов, указанных на схеме, около 6,5 кГц, крутизна амплитудно-частотной характеристики за частотой среза примерно 12 дБ на октаву. Для достижения оптимального режима работы фильтра сопротивление резистора *R3* и емкость конденсатора *C1* должны в два раза превышать соответственно сопротивление резистора *R1* и емкость конденсатора *C2*. Так же как и в предыдущем фильтре, коэффициент нелинейных искажений на частоте 1 кГц при выходном напряжении 10 В не превышает 0,1%.

На рис. 7 показана схема селективного усилителя, настроенного на частоту 2,5 кГц. Включение такого устройства в низкочастотный усилитель позволяет создать у слушателя впечатление присутствия рядом с ним исполнителя. В цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя включен двойной *T*-мост, квазирезонансная частота которого равна 2,5 кГц. Подъем амплитудно-частотной характеристики на этой частоте (до 12 дБ) регулируют переменным резистором *R3*. Коэффициент нелинейных искажений в данном усилителе на частоте 1 кГц при выходном напряжении 10 В не превышает 0,1%.

Принципиальная схема четырехканального селективного усилителя, предназначенного для регулировки тембра, приведена на рис. 8. Между инвертирующим и неинвертирующим входами включены последовательные колебательные контуры *L1C1, L2C2, L3C3, L4C4*, настроенные соответственно на часто-

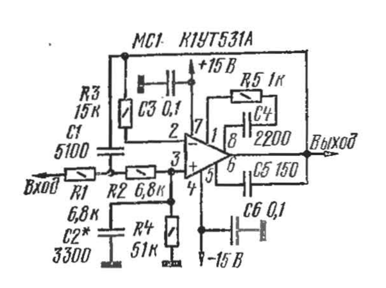


Рис. 6. Схема фильтра для устранения высокочастотного шума

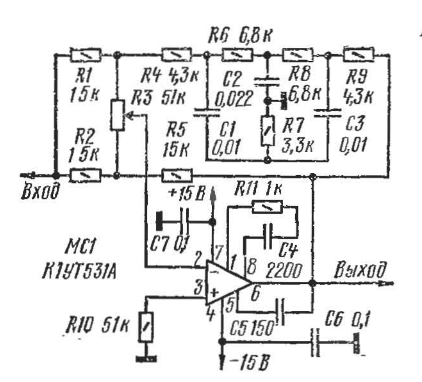


Рис. 7. Схема селективного усилителя

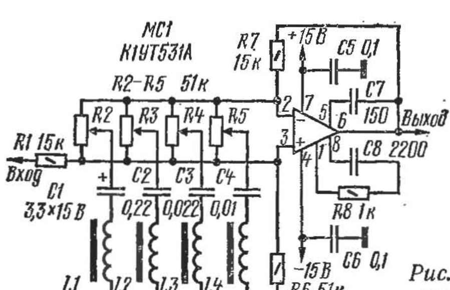


Рис. 8. Схема четырехканального селективного усилителя

ты 70 и 800 Гц, 4 и 12 кГц. В зависимости от положения движков переменных резисторов *R2—R5* контуры оказываются подключенными либо к инвертирующему, либо к неинвертирующему входу. Это, в свою очередь, определяет спад и подъем частотной характеристики в определенных полосах частот. Полоса регулируемых каждым переменным резистором частот определяется добротностью соответствующего колебательного контура. Если необходимо расширить полосы, то параллельно катушкам индуктивности можно включить резисторы сопротивлением от 10 до 100 кОм. Диапазон регулировки тембра на указанных ранее частотах составляет ±22 дБ.

Катушки *L1—L4* наматывают проводом ПЭВ-1 или ПЭВ-2 на тороидальных сердечниках из феррита марки М200НМ, типоразмер К20×12×6. Катушка *L1* содержит 1250 витков, *L2* — 350 витков, *L3* — 220 витков, *L4* — 90 витков.

Для регулировки тембра можно также воспользоваться устройством, схема которого изображена на рис. 9. Оно обеспечивает раздельную регулировку тембра по низшим и высшим звуковым частотам. Максимальная глубина регулировки на частотах 20 Гц и 200 кГц — около ±20 дБ.

В цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя включен двойной *Т*-мост. Когда движки переменных резисторов находятся в среднем положении, устройство представляет собой инвертирующий усилитель с единичным коэффициентом усиления. При крайних положениях движков происходит подъем или спад амплитудно-частотной характеристики в области высших или низших звуковых частот.

Как известно, амплитудно-частотная характеристика музыкальной программы, записанной на грампластинку, имеет подъем на высших частотах и завал на низших. По широко распространенному стандарту RIAA уровень на частоте 20 кГц достигает +19,6 дБ, на частоте 14 кГц — +16,64 дБ, на частоте 10 кГц — +13,7 дБ, на частоте 1 кГц — 0 дБ, на частоте 30 Гц равен —18,6 дБ. Для того чтобы при воспроизведении грамзаписи выровнять амплитудно-частотную характеристику во всем диапазоне звуковых частот, к выходу звукоснимателя подключают корректирующий усилитель, имеющий частот-

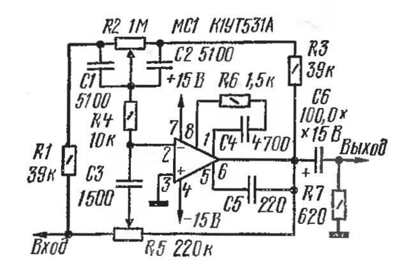


Рис. 9. Схема устройства регулирования тембра звука

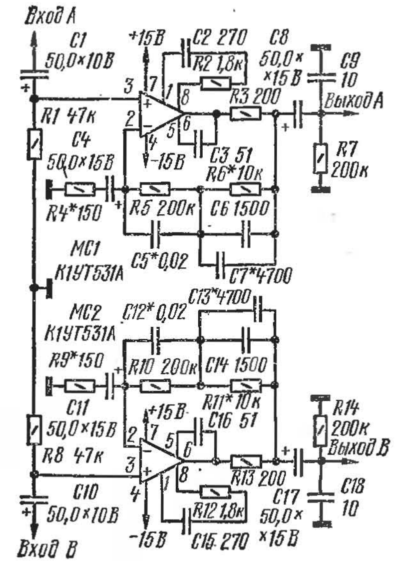


Рис. 10. Схема усилителя-корректора

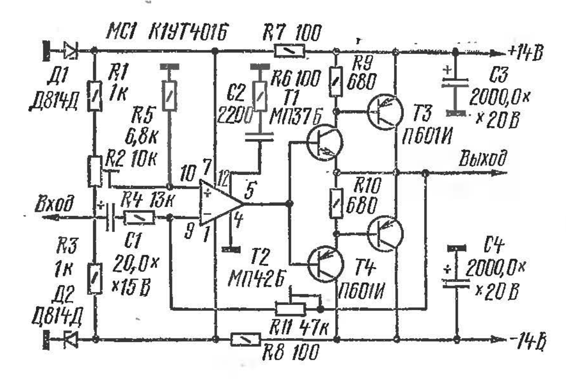


Рис. 11. Схема усилителя НЧ с выходной мощностью до 6 Вт

ную характеристику, обратную характеристике механического устройства записи.

На рис. 10 изображена принципиальная схема одного из таких к о р р е к т и р у ю щ и х у с и л и т е л е й для стереосистем. Он предназначен для подключения к магнитному звукоснимателю. Усилитель-корректор выполнен на двух операционных усилителях. Сигналы со звукоснимателя подаются на неинвертирующие входы. В цепь отрицательной обратной связи каждого операци-

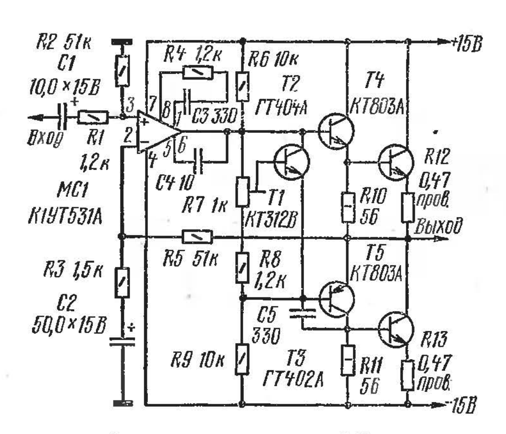


Рис. 12. Схема усилителя НЧ с выходной мощностью до 15 Вт

онного усилителя с выхода на инвертирующий вход включена корректирующая цепочка, амплитудно-частотная характеристика которой соответствует частотной характеристике записи (RIAA). Такое построение корректирующего усилителя обеспечивает подъем амплитудно-частотной характеристики на низших частотах и спад на высших. Элементы *R7, C9, R14, C18* предохраняют усилитель от самовозбуждения.

При использовании деталей, номиналы которых указаны на принципиальной схеме, частотная характеристика устройства может отличаться от характеристики RIAA не более чем на ±0,5 дБ, т. е. она практически линейна.

При использовании операционных усилителей достаточно простыми получаются и усилители низкой частоты, обладающие хорошими электрическими параметрами: малой неравномерностью амплитудно-частотной характеристики, незначительными нелинейными искажениями и т. д. При построении таких усилителей требуется немного дискретных элементов.

На рис. 11 приведена принципиальная схема низкочастотного усилителя с выходной мощностью около 6 Вт на нагрузке 3 Ом. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц не превышает 2 дБ. Максимальная чувствительность усилителя 200 мВ.

Особенностью усилителя, построенного по такой схеме, является то, что выходные транзисторы работают без начального напряжения смещения. Усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью с выхода на инвертирующий вход операционного усилителя.

Налаживание усилителя сводится к подбору элементов корректирующей цепи, устраняющей самовозбуждение усилителя и определяющей амплитудно-частотную характеристику устройства.

На рис. 12 показана принципиальная схема другого низкочастотного усилителя. Его выходная мощность — 15 Вт. В диапазоне частот 20 Гц — 20 кГц он также имеет неравномерность не более 2 дБ. Коэффициент нелинейных искажений в интервале частот 40 Гц — 20 кГц не превышает 0,7%. Через резистор *R5* усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью.

Цепочка *R4C3* и конденсаторы *C4, C5* корректируют амплитудно-частотную характеристику операционного усилителя и устраняют его самовозбуждение.

Налаживание усилителя сводится к установке тока покоя выходных транзисторов по минимуму нелинейных искажений. Ток устанавливается при помощи подстроечного резистора *R7*. Сила тока покоя не должна превышать 100 мА.

Ответы на вопросы по статье Д. Атаева «Универсальный двухканальный предварительный усилитель НЧ» («ВРЛ», № 56, с. 26).

Какие уточнения необходимо внести в данные деталей усилителя?

Для нормальной работы усилителя следует изменить коминалы следующих радиоэлементов:

C'1 — с 0,015 на 0,047 мкФ; *C'2* — с 0,047 на 0,015 мкФ; *C'10* — с 230 на 270 пФ; *R'4* — с 56 на 4,7 кОм; *R'6* — с 4,7 на 56 кОм; *C4*, *C'4* — с 4,7 на 47 мкФ.

Надписи у переключателя *B2* следует поменять местами, так как замкнутое состояние контактов этого переключателя соответствует работе усилителя в режиме «моно». Положение переключателя *B1* иа схеме указано для работы с магнитоэлектрическим звукосимателем.

Правильно ли включена цепочка R9C4 в цепь эмиттера транзистора T1? Не следует ли элементы этой цепочки включить параллельно?

Цепочка *R9C4* должна быть включена в цепь эмиттера транзистора *T1* так, как показано на схеме, т. е. последовательно. Режим работы транзистора *T1* по постоянному току устанавливают резисторами *R10, R13*. Транзисторы *T1* и *T2* по постоянному току охвачены глубокой отрицательной обратной связью, что обеспечивает высокую температурную стабилизацию работы и повторяемость усилителя.

Цепочка *R9C4* устанавливает режим работы транзистора *T1* по переменному току. Конденсатор *C4* исключает влияние резистора *R9* на режим работы транзистора *T1* по постоянному току. Фактически резистор *R9* является частью делителя напряжения частотно-за-

висимой отрицательной обратной связи, снимаемой с коллектора транзистора *Т2* и подаваемой на эмиттер транзистора *Т1* через резистор *R10*. Элементы *С5*, *С6*, *С7*, *R11* и *R12* формируют частотную характеристику усилителя.

При налаживании усилителя с отключенной обратной связью резистор *R10* исключать нельзя, так как в этом случае усилитель работать не будет.

Может ли подобный усилитель работать на низкоомную нагрузку?

Чтобы не оказывать существенного влияния на режим работы усилителя, сопротивление нагрузки $R_н$ выбирают на порядок выше его выходного сопротивления $R_{вых}$, т. е. $R_н \simeq R_{вых}$. Учитывая, что выходное сопротивление предварительного усилителя составляет 2 кОм, выход усилителя желательно нагрузить на сопротивление порядка 20 кОм и выше. Практически усилитель можно нагрузить и на более низкое сопротивление, например на 5 кОм, но при этом снизится динамический диапазон входных сигналов, т. е. ограничение сигнала будет наступать при входных сигналах порядка 5—7 мВ, а не при 12—15 мВ, как указано в описании (с. 29). Это обстоятельство при применении пьезоэлектрического звукоснимателя может привести к нелинейным искажениям.

Чем заменить транзисторы типа П423 в однодиапазонном конвертере («ВРЛ», № 56, с. 10, рис. 1)?

Транзистор типа П423 можно заменить другими высокочастотными транзисторами малой мощности: П401, П402, П403, П422, ГТ322 и т. д. Необходимо, однако, учесть, что замена транзисторов осуществляется не так просто, как замена ламп, что объясняется разбросом параметров транзисторов одного и того же типа и вытекающим отсюда изменением режима работы.

При установке вместо транзисторов типа П423 (*Т1*, *Т2*) других необходимо подобрать резисторы *R1* и *R5* таким образом, чтобы сила коллекторных токов указанных транзисторов равнялась соответственно 0,6 и 1 мА.

Самодельный транзисторный приемник питается от шести элементов «373», соединенных последовательно. Как проверить, разрядились ли элементы или они еще годны для работы?

Для того чтобы определить, годен ли элемент для дальнейшей эксплуатации при номинальной силе тока нагрузки, рекомендуемой заводом-изготовителем, его замыкают на резистор сопротивлением 10 Ом. Если напряжение элемента, измеренное вольтметром, будет менее 0,96 В, элемент можно считать негодным. Однако на практике подобный элемент в маломощных приемных устройствах эксплуатировать еще можно.

Субъективно о необходимости замены батареи можно судить по появлению искажений при приеме радиостанций со средней громкостью. Если имеется вольтметр постоянного тока, о годности батареи можно судить следующим образом. Настроившись на местную радиостанцию и установив среднюю громкость, измеряют напряжение батареи. Если оно при наиболее громких звуках падает более чем на 30—40%, батарею надо заменить.

Как измерить скорость движения ленты в магнитофоне?

Скорость движения магнитной ленты обычно определяется методом «отрезка ленты», при котором измеряется время прохождения калиброванного участка ленты известной длины по головкам магнитофона. Длину измеряемого участка ленты рекомендуется брать:

для скорости ленты 19,05 см/с — 19,05 м;
» 9,53 см/с — 9,53 м;
» 4,76 см/с — 4,76 м.

При указанных длинах номинальное время замера равно 100 с. Отклонение измеренной величины от 100 с будет представлять отклонение скорости ленты в испытуемом магнитофоне от номинальной скорости в процентах.

Например, если секундомер при прохождении калиброванного участка ленты покажет время, равное 102 с, то отклонение скорости будет составлять —2%, а если секундомер покажет время, равное 98 с, то отклонение скорости составит +2%.

Отсчет прохождения начала и конца измерительного участка ленты осуществляется визуально при помощи вклейки цветных ракордов или же на слух при помощи вклейки в начале и конце мерной ленты отрезков длиной 3—10 см с записью музыки или звуков. Длину мерной ленты измеряют масштабной линейкой. Время прохождения измерительного участка ленты отсчитывают по секундомеру. Отклонение от номинальной скорости определяют на калиброванном отрезке ленты, вклеенном в начале полной катушки, при верхнем пределе напряжения электропитания, а затем на калиброванном отрезке ленты, вклеенном в конце полной катушки, при нижнем пределе напряжения электропитания.

Точность измерения скорости ленты этим методом составляет примерно 0,5%.

Каковы основные требования, предъявляемые к магнитным лентам, наиболее распространенные типы лент и их основные параметры?

Магнитные ленты должны обладать гибкостью, высокой механической прочностью, теплостойкостью, огнебезопасностью, минимальным копирэффектом, гладкой поверхностью основы, малой абразивностью. Они должны быть негигроскопичны, иметь равномерное по-

крытие мелкозернистым ферромагнитным материалом по всей длине ленты, необходимую остаточную магнитную индукцию и др.

Перечисленным требованиям наиболее полно удовлетворяют ленты А4402-6 (тип-10), А4407-6 (новая разработка) и частично А3606-6 (тип-6). По сравнению с лентой тип-2 чувствительность лент А3606-6 А4402-6, А4407-6 значительно выше, а нелинейные искажения и собственные шумы — ниже. Более высокие качественные показатели этих лент позволили с успехом применять их при более низкой скорости записи (воспроизведения).

В настоящее время наиболее широко в любительской практике применяются ленты А4402-6 и А-4407-6, имеющие толщину 37 мкм. Их основой является полиэтилентерфталат (лавсан). Эти ленты отличаются высокой механической прочностью, гибкостью и, что очень важно, плотнее прилегают к магнитным головкам. Кроме того, малая толщина лент позволяет уместить на катушке большее количество такой ленты, чем ленты толщиной 55 мкм, и тем самым увеличить длительность записи (воспроизведения) одной и той же катушки примерно в 1,4 раза.

Основные параметры отдельных типов лент, о которых шла речь, приведены в таблице.

Таблица

Показатели лент	Тип магнитной ленты			
	тип-2	А3606-6	А4402-6	А4407-6
Толщина рабочего слоя, мкм	14	15	10	10
Общая толщина ленты, мкм	55	55	37	37
Средняя чувствительность, дБ	4	5,5	5	5,5
Уровень шумов паузы, дБ	—50	—60	—60	—60
Уровень копирэффекта, дБ	—47	—49	—54	—55

Консультацию подготовил
С. Матлин

СОДЕРЖАНИЕ

Учебным организациям и радиокружкам

Усилители низкой частоты

Измерительная техника

Электроника в быту и народном хозяйстве

Автолюбителям

Радиолюбителю-конструктору

В80 **В помощь** радиолюбителю: Сборник. Вып. 62 /Сост. В. Г. Борисов. — М.: ДОСААФ, 1978.— 78 с., ил.
30 к.

Приведены принципиальные схемы и описания конструкций демонстрационного осциллографа, комбинированного измерительного прибора, зарядно-разрядного устройства для аккумуляторных батарей. Рассмотрены вопросы конструирования тиристорной системы зажигания и применения операционных усилителей.

Предназначается для широкого круга радиолюбителей и радиоспециалистов.

В $\frac{30402-101}{072(02)-78}$ **78—79** **6Ф2.9**